



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

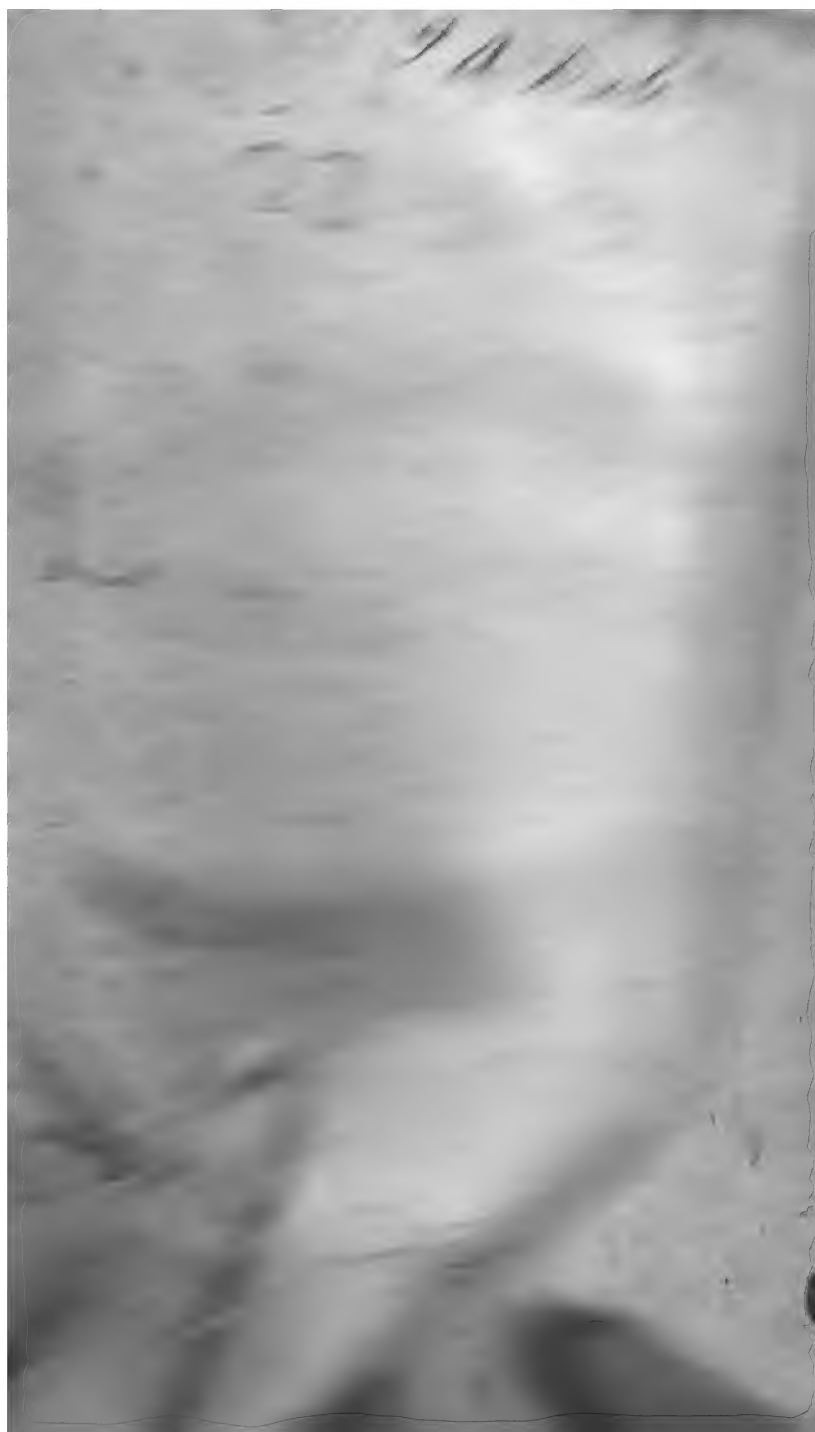
### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

WILLIAM LORGE  
LONDON.

16685









600037348V

DEM GROSSEN ZERGLIEDERER

S. TH. SÖMMERRING

KURF. MAINZ. HOFRATHE ETC.

WIDMET

DIESES PHYSIOLOGISCHE WERK

MIT DANKBARER VEREHRUNG UND FREUNDSCHAFT

F. A. von HUMBOLDT.



**HUMBOLDTS VERSUCHE**  
**ÜBER DIE GEREIZTE**  
**MUSKEL- UND NERVENFASER.**

---

**ERSTER BAND.**

**BEI HEINRICH AUGUST ROTTMANN.**



**V E R S U C H E**

**ÜBER DIE GERÄTTE**

**MUSKEL- UND NERVENFASER.**

---

**ERSTER BAND.**

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

LIBRARY

PHYSICS DEPARTMENT

CHICAGO, ILL.



V E R S U C H E  
ÜBER DIE  
GEREIZTE  
MUSKEL-UND NERVENFASER

NERST  
VERMUTHUNGEN  
ÜBER DEN  
CHEMISCHEN PROCESS DES LEBENS  
IN DER THIER- UND PFLANZENWELT

VON  
FRIEDR. ALEXANDER VON HUMBOLDT.

---

E R S T E R B A N D

mit Kupfertafeln.

— alius error est praematura-atque protërva reductio doctrinarum in  
artes et methodos, quod cum fit plerumque scientia aut parum aut  
nil proficit.

*Baco Verul. de augment. scient. lib. I.*

---

POSEN, BEI DECKER UND COMPAGNIE,  
UND  
BERLIN, BEI HEINRICH AUGUST ROTTMANN.

M D C C L X X X V I I.



---

Seit mehreren Jahren bin ich bemüht gewesen, einige Erscheinungen der thierischen Materie mit den Gesetzen der todtten Natur zu vergleichen. Bei dieser Arbeit sind mir Versuche geglückt, welche der Enthüllung des chemischen Lebensprocesses näher zu führen scheinen. Ein getrenntes thierisches Organ, mit irritablen und sensiblen Fibern versehen, kann in wenigen Secunden aus dem Zustand der tiefsten Unerregbarkeit zur höchsten Reizempfänglichkeit erhoben, und von dieser wieder zu jener herabgestimmt werden. Dieser Wechsel erhöhter und geminderter Lebenskraft ist in einem Nerven vier bis fünfmal, eben so willkürlich hervorzubringen, als die Hand des Künstlers die Saite eines Instruments an- oder abspannt. Ich habe thierische Organe mit oxygenirter Kochsalzsäure, Alkalien, Salpetersäure, Arsenikkalchen, Opium und Alkohol, stundenlang behandelt, und sie traten fast unverfehrt aus dem Kampfe der streitenden Elemente heraus. Ich habe gefunden, daß die thierischen Körper ein Vermögen

haben, aus der Entfernung zu wirken, und diesen Wirkungskreis, der mit der Lebenskraft abnimmt, sinnlich darzustellen gesucht. Ich glaube erweisen zu können, daß die Irritabilität der Materie nicht, wie neuere Physiologen wähnen, und meine eigenen Versuche mit Pflanzen zu lehren scheinen, von der Menge des Sauerstoffes allein abhängt, sondern daß das Azote und Hydrogen eine weit wichtigere Rolle dabei spiele, alles aber auf der gemeinsamen Wirkung und dem Antagonismus mehrerer Stoffe beruhe.

Es würde vorsichtiger seyn, diese Versuche noch einige Jahre lang in der Stille zu erweitern, ehe sie dem Publicum vorgelegt werden, wenn nicht andere Arbeiten, welche ich mir vorgesetzt habe, und die Erfahrung, daß manche Erfindung fruchtbarer in der zweiten Hand, als in der des Erfinders selbst geworden ist, mich zu ihrer Bekanntmachung veranlaßten. Ich suche daher in den folgenden Blättern die Thatfachen zusammen zu stellen, welche ich bisher gesammelt, und werde mich dabei der Einfachheit des Ausdrucks bedienen, welche der große Gegenstand, über den ich meine Vermuthungen wage, verdient. Ich fange von der Erscheinung des Galvanismus an, weil ich durch die Art, wie ich diese Versuche anstellte, unwiderprechlich erweisen zu können glaube, daß der Stimulus in diesem wunderbaren Phänomen größtentheils von den belebten Organen selbst ausgeht, und daß diese sich dabei keinesweges bloß leidend, etwa als elektroskopische Substanzen, verhalten.

Je langfamer mir die Fortschritte schienen, welche die Lehre vom Muskelreize machte, je wiederholter ich die Klage hörte, daß der Galvanische Versuch nur unter einerlei Bedingungen unabänderlich glücke, desto stärker fühlte ich mich angetrieben, selbst Hand an das Werk zu legen. Seitdem ich bei meinem Aufenthalt in Wien, im Herbst 1792, mit der Entdeckung des Bologner Anatomen bekannt wurde, habe ich mich in Stunden der Muße, trotz meines beständigen Reisens, in und außerhalb Deutschland, ununterbrochen damit beschäftigt. Ich darf daher nicht fürchten, den Physikern einseitige oder übereilte Versuche vorzulegen. Der Galvanische Apparat, ein Paar Metallstäbe, Pincetten, Glastafeln und anatomische Messer sind so bequem (selbst zu Pferde) bei sich zu führen, \*) daß ich selten ohne

\*) Es giebt Versuche, wie das Wiegen von Gasarten, chemische Zerlegungen und andere, die eine besondere Feinheit und Reinlichkeit der Hilfsmittel, und ein bequemes und ruhiges Zimmer erfordern, um sie genau anzustellen. Dagegen kann über hundert andere Gegenstände der Physik, Meteorologie und Physiologie, ohne sonderlichen Apparat, überall so gründlich experimentirt werden, daß es mir überaus wichtig schiene, junge Leute früh zu einer solchen Thätigkeit und Selbstbehülfslichkeit (wenn ich mich des undeutschen Ausdrucks bedienen darf) zu gewöhnen. Wie viele Erscheinungen der Körperwelt bleiben darum ununtersucht, weil viele Reisende nur das untersuchen, was sie mit nach Hause tragen können, weil viele nur an ihrem Schreibtisch, nur mit äußerer Bequemlichkeit arbeiten! Ob dieser Rath wohlverstanden wird, wenn er die Zahl der flüchtigen Versuche vermehrt, mögen die entscheiden, welche langsam und gründlich nicht für synonym halten.

sie reifte. Meine Untersuchung über die Reizempfänglichkeit der Pflanzen, deren Resultate ich vor zwei Jahren \*) herausgab, und die ich seitdem eifrig fortsetzte, machte mir ein gründliches Studium des thierischen Körpers nothwendig. Wenn ich die Vegetabilien auch nicht als Thiere selbst, aber doch als Object einer allgemeinen vergleichenden Physiologie und Anatomie\*\*) betrachte, so ist mir, um nicht, wie weiland Baptista Porta, falsche Analogien aufzustellen, die genaueste Kenntniss der thierischen Stoffe, ihres Mischungsverhältnisses, ihrer Form und davon abhängigen Erregbarkeit (*incitabilitas*) erforderlich. Je unendlich weiter ich mich aber von dieser Kenntniss entfernt sehe, desto lebhafter bleibt mir das Gefühl, mich diesem Zwecke nähern zu müssen. Vor allen lockte mich der wunderfame Bau der menschlichen Organisation an. An keiner andern

\*) *Aphorismi ex doctrina physiologiae chemicae plantarum* angehängt an Humboldt. *Florae Fribergensis Specimen, plantas cryptogamicas praesertim subterraneas, exhibens.* Berol. 1793. 4. Humboldt's Aphorismen aus der chemischen Physiologie der Pflanzen, aus dem Lateinischen übersetzt von Fischer, mit Anmerkungen von D. Hedwig und Ludwig. Leipz. 1794. und im Auszuge in Gehler's physikal. Wörterbuch Th. 5. S. 692.

\*\*) Diese Wissenschaften sind beide noch fast ganz unbearbeitet. Grundzüge davon finde ich eben in Herrn Reils Archiv für die Physiologie B. 1. H. 1. trefflich entwickelt. Auch John Hunter bemühte sich hie und da, Pflanzen und Thiere unter einen physiologischen Gesichtspunkt zu stellen.

ist man so tief in die Bildung einzelner Theile und ihrer Functionen eingedrungen, an keiner andern scheint die thierische Faser so leise erregbar, an keiner andern ist das Verhältniß eines Wesens gegen die ganze physische und intellectuelle Welt \*) so sorgfältig erörtert, an keiner andern sind die Wirkungen der Vorstellungskraft auf Bewegungen in der Materie so sichtbar, als gerade in der menschlichen Organisation. Wer sich daher irgend einem Theile der Naturbeschreibung ernsthaft widmet, sollte jenes Studium nicht vernachlässigen, wäre es auch nur um einzusehen, welche unabsehbare Fülle von Kräften in ein Aggregat irdischer Stoffe zusammengedrängt seyn kann.

Ich habe mich bemüht, bei meinen Versuchen über den Galvanismus von aller Theorie zu abstrahiren, oder vielmehr ich habe diese Versuche so abgeändert, als wenn gerade das Gegentheil der bisher aufgestellten Gesetze des Metallreizes erwiesen werden müßte. Diese Methode schien mir, so lange ich experimentirte, die fruchtbarste zum Erfinden zu seyn. Eine allgemein angenommene Theorie lehrte, daß Pflanzen sich nur im Sonnenlichte über der Erde grün färben, nur in diesem athmen können. Ich experimentirte unter der Erde im Finstern und

\*) Herr Hufeland hat dasselbe beim Menschen in pathologischer Hinsicht mit dem ihm eigenen philosophischen Geiste bearbeitet. S. Ideen über Pathogenie und Einfluß der Lebenskraft auf Entstehung der Krankheiten. 1795. S. 14.



fand, daß alle Vegetabilien (Phaenostemonen nemlich) in Stickstoff- und Wasserstoffgas, ohne Sonnenlicht, grün werden und athmen. Ich wollte Herrn Girtanners scharfsinnige Theorie über das Oxygen, als Lebensprincip der organisirten Schöpfung, prüfen. Ich stellte einen widersinnig scheinenden Versuch mit der schärfften oxygenirten Kochsalzsäure an, und fand die Keimkraft der Pflanzenfaamen dadurch sechsfach vermehrt. — Freilich ist es dem menschlichen Geiste unmöglich, sich während des Experimentirens aller theoretischen Vermuthungen zu enthalten; freilich ist, wie Darwin sehr richtig sagt, das Depken selbst ein Theoretisiren. Man reiht das Halbgefehene immer an analoge Erscheinungen an, und glaubt oft, Gründe in unwesentlichen Nebenbedingungen zu finden. Wohl dem Experimentator aber, den abgeänderte Versuche von einer Theorie zur andern hinführen, dessen Vermuthungen nicht früh eine Gewissheit erlangen, die von der ferneren Beobachtung zurückscheucht!

So einfach der Galvanische Versuch auch an sich ist, so werden doch die folgenden Blätter zeigen, wie lehrreich es sey, ihn in verwickelten Ketten von excitirenden und leitenden Substanzen zu verfolgen. Ich zeichnete daher, was ich hierüber und über Muskelreizbarkeit überhaupt, seit drei Jahren, beobachtete, bloß der Zeitfolge nach, einzeln auf. Meine Beobachtungen häuften sich fast mit jedem Tage, und durch sehr heterogene Arbeiten zerstreut

hätte ich nie die öffentliche Bekanntmachung gewagt, wenn nicht einige Männer, welche Deutschland zu seinen ersten Physiologen zählt, mich laut und wiederholt dazu aufgefordert hätten. Ich fing nun selbst fast an, einigen Wehrt auf eine Arbeit zu setzen, die ich bloß zu meinem eigenen Unterrichte unternommen. Auf öden und entlegenen Gebirgen umherziehend, die mich oft von allem litterarischen Verkehr abschnitten, hatte ich nur meinem Berufe, als practischer Bergmann, und der unmittelbaren Untersuchung der Natur leben können. Ich hatte Jahre lang fort experimentirt, ohne von dem zu hören, was andere indeß bekannt machten. So hielt ich zum Beispiel den merkwürdigen Versuch, durch den man Blitze ficht, ohne das Auge zu berühren, und den Georg Hunter zuerst anstellte, lange für meine eigene Erfindung. Fowler's Schrift über die Influenz \*) belehrte mich meines Irrthums. Ich fing nun an, alles zu sammeln, was seit Galvanis berühmtem *Comment. de viribus electricitatis in motu musculari* erschienen war, und mit dem zu vergleichen, was ich selbst früher beobachtet hatte. Ich machte es mir zum Gesetz, nur das in meine Schrift überzutragen, was nach strenger (freilich nicht ohne Aufopferung angestellter) Prüfung ältere Versuche auf eine erweiternde Art zu bestätigen schien,

\*) *Experiments and Observations relative to the Influence lately discovered by Mr. Galvani. Edinb. 1793. S. 85.*

oder was ich für neu und unbeobachtet halten durfte. Mein Zweck war nicht, die Erfahrungen anderer Physiker zusammen zu stellen, sondern nur das herauszuheben, was zur Erweiterung einer so erhabenen Wissenschaft, als die Physiologie ist, dienen konnte. Fast am Ziel meiner Arbeit, im Frühjahr 1795 (da schon die Herren Sömmerring und Blumenbach einige Blätter meines Manuscripts in Händen hatten) wurde ich durch die Erscheinung der Pfaffischen Schrift über thierische Elektricität und Reizbarkeit auf eine angenehme und unangenehme Art überrascht. Angenehm war die Ueberraschung, weil Herr Pfaff in der Menge eigener Entdeckungen, welche er in dieser trefflichen Arbeit zusammendrängt, in dem ruhigen philosophischen Gange seiner Untersuchung alle seine Vorgänger weit hinter sich zurück läßt, und seine Schrift gleichsam zum Muster in der Behandlung ähnlicher Gegenstände aufgestellt werden kann. Unangenehm war die Ueberraschung hingegen, weil ein solches Muster schwer zu erreichen ist, und weil zufällige Umstände Herrn Pfaff und mich, auf verschiedenen Wegen, zu so übereinstimmenden Resultaten geführt hatten, daß ich mich nun von neuem zur gänzlichen Umschmelzung meines Buches entschließen mußte. Beinahe die Hälfte meiner Versuche wurde weggestrichen, und mein darauf erfolgter Aufenthalt in der Schweiz und in Italien hinderte mich, den Rest zur Herbstmesse herauszugeben.

Diese neue Zögerung selbst aber war dem Ganzen vortheilhaft. Ungeachtet der Zweck dieser Reise eine mineralogische Untersuchung\*) der hohen europäischen Gebirgskette und der wunderfamen Uebereinstimmung in ihren Schichtungs- und Lagerungsverhältnissen war, so hatte ich doch mannigfaltige Gelegenheit, auf derselben berühmten Physikern meine neuen Nervenversuche zu zeigen. Die Einwendungen, welche mir bei diesem Experimentiren gemacht wurden, und vor allem häufige Unterredungen mit den Herren Jurine, Pictet, Scarpa, Tralles und Volta berichtigten meine Ideen auf die mannigfachste Weise. Unvergesslich sind mir die Stunden der Belehrung, welche mir Herr Pictet in Geneve, der Cavaliere Aleffandro Volta auf seinem Landfitze zu Como, und Herr Scarpa zu Pavia schenkten. Es ist mir eine süsse Pflicht, diesen grossen Männern, in denen Fülle der Erfindungskraft, Tiefe des Genies und duldsame Bescheidenheit sich so glücklich zusammen gefellt haben, hier öffentlich meinen Dank darzubringen. Ihre Zweifel haben mich, seit meiner Rückkunft

\*) Die Resultate dieser Untersuchung (welche auf ein sonderbares Naturgesetz, auf eine Uebereinstimmung im Fallen der Gebirgsmassen vom Leuchtturm bei Genua an, bis an die Baltischen Küstenländer führt, und welche zeigt, daß dieses Fallen sich gar nicht auf die Gestalt und Lage der Gebirgsketten, sondern auf unerkannte Attractionskräfte im Innern des Erdkörpers beziehen) werden, nebst andern geognostischen Beobachtungen über das mittlere Europa, in einer eigenen Schrift erscheinen.

nach Deutschland, zu wichtigen und glücklichen Versuchen veranlaßt, und ich glaubte auf keine Ihrer würdigere Art, als durch nutzbare Anwendung ihrer Ideen, Ihnen diesen Dank ausdrücken zu können.

Ich habe gesucht, in der nachstehenden Abhandlung alles zusammen zu drängen, was ich bisher über Reiz und Reizempfänglichkeit der sensiblen und irritablen Fiber beobachtete. Ich fange mit den Galvanischen Versuchen an, nicht als wenn ich diese für den wichtigeren Theil meiner Arbeit hielte, sondern weil sie mich zu den folgenden Beobachtungen leiteten. Da es uninteressant wäre, die Geschichte meiner Versuche weitläufiger zu entwickeln und es hier bloß auf die Resultate derselben ankommt, so reihe ich dieselben nach ihrem innern Zusammenhange, ohne Zeitfolge, an einander. Allgemeine Bedingungen, unter welchen Muskelbewegungen erfolgen, nach verschiedenen Zuständen der Empfänglichkeit der Organe — Contractionen, durch thierische Leitungen allein, oder durch Metalle und kohlenhaltige Stoffe hervorgebracht — positive und negative Fälle nach bestimmten Gesetzen — Ausdruck derselben durch allgemeine Zeichen, nach Art analytischer Gleichungen — specielle Betrachtung der reizenden und leitenden Substanzen — Wirkung des Nerven als Anthrakoskop — Unterbindung und Zerschneidung desselben — Einströmen des Galvanischen Fluidums

durch nicht cohärende Theile — sensible Atmosphäre des Nerven und Bestimmung ihrer Grösse nach den verschiedenen Graden der Lebenskraft — Untersuchung dessen, was im Leiter vorgeht — Anwendung des Galvanischen Reizes, (dessen Wesen im Vorigen bestimmt ist) auf Menschen und andere Säugethiere, auf Vögel, Amphibien, Insecten und Würmer, und zwar nach zwei Classen von Erscheinungen, Zuckung und Empfindung — Versuche mit Herznerven und andern unwillkürlichen Muskeln — Erklärungsarten des Galvanischen Reizes und Anreihung dieser Erscheinungen — Galvani's elektrische Flaschentheorie, Volta's Hypothese und Widerlegung derselben — Nutzen des Metallreizes in Hinsicht auf die erweiterte Kenntniss der Nerven und Muskelkraft, und auf die praktische Heilkunde — neue Methode durch den Galvanischen Versuch den Zustand der Reizempfänglichkeit der Organe zu prüfen — Untersuchung über den specifischen Reiz der irritablen und sensiblen Fiber, und über den Unterschied zwischen reizen, stärken, und Erregbarkeit vermehren — Rückblick auf das Brown'sche System von sthenischer und asthenischer Kraft — Wirkung der Alkalien auf die Nerven, der Säuren auf die Muskelfaser, Versuche mit oxydirtem Arsenik, oxygenirter Kochsalzsäure, aufgelöstem Ammoniak und mit andern chemischen Substanzen auf thierische Organe — Reizempfänglichkeit derselben im Sonnenlicht, bei verschiedenen Graden äusserer Temperatur, im

Sauerstoffgas, Stickgas und Wasserstoffgas, und im Zustand der Ruhe — Untersuchung der Frage: ob vermehrte oder verminderte Erregbarkeit in der veränderten Structur der Nerven- und Muskelfasern, oder in Mittheilung eines feinen gasförmigen Stoffe gegründet ist — Vermuthungen über den chemischen Proceß der Vitalität — Stärke der Muskeln und Schwächung derselben — Tod und zwiefacher Zustand der thierischen Faser im Tode — Fäulniß — Wirkung der Nervenkraft auf dieselbe — Mischungs- zustand thierischer Stoffe und Einfluß der Lebens- kraft auf denselben — Definition belebter und un- belebter Materie und Vermuthungen über den Cha- racter thierischer Individualität — das sind die Haupt- objecte, welche in den folgenden Blättern aphori- stisch abgehandelt werden. Es wäre leicht gewesen, dieselben durch Zwischenideen und Uebergänge in eine schicklichere Verbindung zu setzen. Auch wer- den Viele den Mangel derselben, als einen Fehler in der Form dieser Schrift, rügen. Da aber zu den Uebergängen bekannte Beobachtungen wiederholt werden müssen, und zu den wissenschaftlichen Pla- nen, die ich mir vorgesetzt habe, mir meine Mühe über alles wichtig ist, so will ich mich lieber jener Rüge unterwerfen, als das Ganze noch mehr aus- dehnen.

Viele meiner Versuche sind den bisher bekann- ten Gesetzen des Muskelreizes so widersprechend, daß sie leicht den Verdacht des Irrthums oder einsei-



tiger Beobachtung erregen können. Ich merke daher im Allgemeinen an, daß in den nachstehenden Fragmenten kein wichtiger Versuch enthalten ist, welcher nicht stundenlang, auf wohlgetrockneten Glasplatten, an acht bis zehn verschiedenen Individuen, (meist kalt- und warmblütigen Thieren) vor mehreren erfahrenen, alle Nebenumstände sorgsam prüfenden Zeugen wiederholt worden ist. Diese wahrhafte Versicherung, welche durch die erzählte langsame Entstehung dieser Schrift bewähret wird, schützt mich daher gegen den Einwurf, wodurch man schon manchen Angriff auf physikalische Irrthümer zurückschlug, als sey diese oder jene Erscheinung nur einmal, zufällig, unter unbeachteten Nebenumständen, auf Augenblicke vorgekommen. Ich habe aus meinen Notaten sorgfältig weggelassen, was mir in der Folge zweifelhaft schien. Dennoch befürchte ich, (und ich halte es für Pflicht, es selbst anzuzeigen) vorzüglich in einer Classe von Versuchen Irrthümer begangen zu haben, nemlich in Aufzählung der negativen Fälle, wo keine Empfindung oder Muskeibewegung erfolgen soll. Beide sind Wirkungen eines vorhandenen Reizes; der Reiz kann aber nur bemerkbar wirken, wenn die, seiner Stärke angemessene Reizempfindlichkeit des Organs coexistirt. Ob ich nun gleich mehrere hundert Thiere secirte, so ist es doch sehr wahrscheinlich, daß ich das Maximum der Erregbarkeit

weder selbst in der Natur gefunden, noch durch meine Behandlung mit alkalischen Auflösungen und oxygenirter Kochsalzsäure je künstlich hervorgebracht habe.

Zum Schluss dieser, nur zu langen Einleitung, wage ich die Bitte, meine geringen Versuche nicht mit den theoretischen Muthmassungen zu vermengen, welche ich mir hier und da einzustreuen erlaubt habe. Jene stehen fest, wenn auch diese, welche ich für ganz unbedeutend halte, längst widerlegt sind. Ich trenne daher gern beide von einander, nicht aus Unglauben an eine rationale Naturlehre überhaupt, nicht als gehörte ich zu einer Classe von Menschen, die (nach Seneca's Ausspruch) *tam sunt umbratiles, ut putent, in turbido esse, quicquid in luce est*, sondern weil in den hier bearbeiteten Gegenständen der Physiologie bis jetzt noch genugsame Erfahrungen fehlen, um auch nur mit einiger Zuversicht die Ursachen der Erscheinungen bestimmen zu können.

---

## Erster Abschnitt.

**Metallreiz** — thierische Elektricität. — Galvanismus wirkt nur durch Reaction der sensiblen Fiber — scheint keine merkbare Nebenwirkung auf unbelebte Stoffe zu haben. — Die Galvanischen Erscheinungen werden durch Stärke des Reizes und Erregbarkeit der Organe modificirt. — Vernachlässigte Betrachtung der Reizempfänglichkeit. — Zweifacher Zustand der thierischen Faser — natürlich hohe (oder künstlich erhöhte) und mindere Erregbarkeit.

Die Worte: Metallreiz, (*irritamentum metallorum* \*) Wirkung der thierischen Elektricität, drücken die Erscheinungen aus, welche Aloysius Galvani ander, im Muskel inserirten Nervenfasern entdeckte. Die letzte Benennung ist gewagt, \*\*) die erste unrichtig, nicht bloß weil Kohlen so gut als metallische Stoffe zu Excitatoren dienen können, sondern auch

\*) Klein *Diff. de met. irritamento veram ad explorandum mortem*. Mog. 94. Sprachrichtiger wäre *irritamentum metallicum*, wie Herr Sömmering bemerkt.

\*\*) Pfaff a. a. O. S. 9. Note 206. und 301. Gren im Journ. der Physik 92. B. 6. H. 3. S. 408. Volta gebraucht auch den Ausdruck, metallische Elektricität. *Giornale Fisico-medico del D. Brugnatelli* 94. Agosto p. 100.

\* The degree of ...  
ferrug. Crust

weil ohne beide, mit bloß thierischen Leitern, heftige Zuckungen erregt werden. Untadelhafter schienen mir die Ausdrücke: Galvanischer Reiz, für die äußere unbekannte Ursache der Muskelbewegung, Galvanifiren für die Handlung des Reizes selbst, Galvanismus für den Inbegriff aller dabei bemerkbaren Erscheinungen. Ich bediene mich meist dieser Ausdrücke, welche ihre Kürze empfiehlt, bisweilen aber auch der Benennung Metallreiz. Wenn man die Begriffe fest hält, sind solche Kunstwörter gleichgültig. Der große Franklin schämte sich nicht, von Glaselektricität zu reden, und die Zoologen wissen recht genau, daß der *Monodon monoceros* Linn. zwei Zähne hat. Es ist immer besser, daß ein Zeichen Facta, \*) wenigstens unvollständig, ausdrückt; als wenn es apodiktisch auf Hypothesen hinweist.

Erregbarkeit ist nur eine Eigenschaft der Thier- und Pflanzenstoffe, ein ausschließlicher Vorzug der organischen Natur. Die Galvanische Reizung wirkt daher auch nur auf diese bemerkbar, nur auf die, mit der sensiblen Fiber versehene Materie. Sie setzt Reaction der lebendigen Thierkraft voraus, und gehört zu dem, was Herr Hufeland, in seiner vortrefflichen Pathogenie \*\*) vitale Action nennt. Die einfachste Art, Muskelbewe-

\*) Gehler's Phys. Wörterbuch V. S. 295. Das Azote unserer jetzigen Chemie ist auch nicht der einzige lebensraubende Stoff in der unorganischen Natur.

\*\*) Hufeland, a. a. O. S. 19.

gungen durch bloß thierische, homogene Stoffe zu erregen, scheint überdies zu lehren, daß die Nervenfafer sich bei der Reizung nicht leidend, wie hygroskopische, elektroskopische Substanzen, verhält, sondern daß alle Thätigkeit von ihr allein ausgeht. Wenn aber auch ein, in der todten Natur verbreiteter Stoff (das magnetische Fluidum zum Beispiel oder der Lichtstoff) in dem Galvanismus wirksam wäre, so bliebe der obige Satz von der vitalen Action doch richtig. Denn dort war von dem ganzen Phänomen der Reizung, nicht von der materiellen, vielleicht nicht einmal einfachen Ursach derselben, vom Stimulus selbst, die Rede. Die Erscheinung, daß der Muskel der linken Herzkammer von hochrothem Blute zum Zusammenziehen gereizt wird, bleibt eine bloß vitale Erscheinung, wenn gleich nur das im ganzen unbelebten Luftmeer verbreitete Oxygen \*) das arterielle Blut reizend macht. Das Daseyn dieses Stoffes ist nicht die einzige Bedingung, unter der die Contraction erfolgen kann. Sie ist der gemeinsame Effect einer so gemischten, so geformten thierischen Materie. \*\*)

\*) Schon Haller sagt, wahrscheinlich von Mayow veranlaßt: "Dringt ein feineres Element aus der Luft ins Blut, das die Röthe hervorbringt, so wie das Licht zu den Farben der Pflanzen nothwendig ist? Oder besteht der Nutzen der Lunge in einem Einfaugen des Salpeters "(spirit. nitro-aëreus!) aus der Luft? Kommt da- von die schöne Röthe? ..." Grundr. d. Physiologie überf. von Sömmerring S. 320. Ich citire in der Folge immer diese Uebersetzung des großen Mainzer Anatomen.

\*\*) Vergl. Reil's Archiv. a. a. O. S. 158.

Wenn aber der Galvanische Versuch auch nur an erregbaren Substanzen gelingt, so könnte er doch Nebenwirkungen auf die mit ihnen verbundene unbelebte Natur haben. Die bisherigen Versuche haben diese Nebenwirkungen noch nicht bemerkbar gemacht, und so gewiss sich auch a priori erweisen läßt, daß in den unbelebten Stoffen, welche sich in der Kette zwischen der Muskel- und Nerven-Armatur befinden, während des Reizes, Veränderungen vorgehen müssen, so sind dieselben doch wahrscheinlich zu schwach, um unsern Sinnen fühlbar zu werden. Ich habe das sogenannte Galvanische Fluidum sorgfältig durch gefärbte Flüssigkeiten, gesättigte Auflösungen von Salz, geleitet, das scheinbare Durchströmen lange Zeit befördert, aber nie an der Farbe, Temperatur, Verdünnung, KrySTALLISATION oder in chemischen Mischungsverhältniß eine auffallende Modification bemerken können. Herr CHLADNI, dessen Entdeckungen über den Klang gewiss zu den wichtigsten dieses Jahrhunderts gehören, äußerte mir den Zweifel, ob, falls in den metallischen Excitatoren Schwingungen vorgingen, dieselben sich nicht in bestimmten Figuren darstellen lassen sollten? Ich bestreute sehr ebene Zink- und Silberplatten mit feinem Marmorlande, mit Samen Lycopodii, aber die Figuren erschienen nie. Daß diese Versuche indess nicht gegen die Schwingungen beweisen, bedarf hier kaum einer Bemerkung, da selbst das Anschlagen an tönende Glascheiben in diesen eine zu schwache Erschütterung verursacht, um den Zauber der Chladnischen Figuren darzustellen.

Aus einigen Zeilen in Herrn Volta's Schriften über die thierische Elektricität \*) wurde häufig geschlossen, daß heterogene Metalle in Berührung mit feuchten Stoffen, als: Papier, Leder, Tuch und andern, oder gar mit Wasser, unter gewissen Umständen sichtbare Veränderungen in diesen hervorbringen könnten. Diese Stelle ist aber, wie mich zu Como der große Physiker selbst belehrte, bloß missverstanden worden. Herr Volta glaubt zwar aus seiner Hypothese über den Galvanismus schliessen zu müssen, daß auch bei drei verschiedenartigen, unbelebten Körpern, die sich berühren, das elektrische Fluidum determinirt wird, mehr so  $\longrightarrow$  als so  $\longleftarrow$  hin zu strömen. Er versichert aber, dieses Ueberströmen nie beobachtet zu haben, und hält es sogar, aus eben den, schon von Herrn Pfaff \*\*) entwickelten Gründen, für unmöglich, daß bei Versuchen mit den lebhaftesten Thieren das Elektrometer je + oder — zeigen könne. Diese Unmöglichkeit beruht indess nur auf der Analogie des Galvanismus mit dem Losschlagen der Kleist'schen Flaschen, auf dem Glauben an eine Theorie, welche durch meine nachfolgenden Versuche gänzlich widerlegt wird!

Herr Valli \*\*\* ) zu Pisa verband die Schenkelnerven von vierzehn Fröschen in einer Belegung und glaubte, bei der Entladung dieser Froschbatterie, an naheliegenden Strohhalmen und nachmals am Elektrometer selbst, Zeichen der übergelassenen Elektricität

\*) Uebersetzt von Mayer. S. 9.

\*\*) a. a. O. S. 377.

\*\*\* ) *Rozier Journal de Physique* T. 41. p. 79.

Vallée. *Sur l'électricité animale*. Paris. 1792. B 2  
2. 43.



gesten  
29

zu beobachten. Der gelehrte Physiker Herr Kühn \*) wiederholte diesen merkwürdigen Versuch und sah die Goldblättchen des Bennetschen Elektroskops sich bis an die Wände des Glascylinders entfernen. Die Art aber, wie beide experimentirten, schließt den Verdacht nicht aus, daß ein sanftes Reiben die sensiblen Instrumente afficirt haben könne. Dieser Verdacht wird dadurch erhöht, daß alle Versuche mit dem Elektrometer misslingen, sobald man dasselbe, zwischen Muskel und Nerv, in eine Kette stellt, deren entferntere Glieder sich allein wechselseitig verbinden und trennen. So beobachteten es die Herren Volta, Fowler, Creve, Lichtenberg, \*\*) Schrader und Pfaff, \*\*\*) so fand ich es bei den stärksten Batterien, welche ich aus Ischiad- und Schenkelnerven zusammensetzte. Herr Valli †) führt zwei Versuche an, in denen er das Haar einer Maus sich elektroskopisch erheben und sinken sah. Da er selbst manchen Zweifel gegen die Richtigkeit seiner Beobachtung erhebt, so fand ich mich veranlaßt, dieselben zu wiederholen. Ich präparirte zwei Mäuse und eine junge Ratze dergestalt, daß ein Theil des Schenkels noch mit dem natürlichen Felle bedeckt blieb. Ich armirte Nerv und Muskel mit

\*) Etwas über die Kuren des Grafen von Thun (durch die Wunderhand) Leipz. 94. S. 20.

\*\*) Grens Journal Bd. 7. S. 330.

\*\*\*) a. a. O. S. 373.

†) Göttlings und Hufelands Aufklärungen der Arznei-Wissenschaft aus den neuesten Entdeckungen. St. 2. S. 187. und Valli experiments on animal electr. S. 15.

Zink und Gold; heftige Contractionen der Extremität erfolgten, aber ich bemerkte auch nicht die leiseste Bewegung des Haars, obgleich die irritable Faser zunächst unter demselben berührt ward. Ich verband 5 Froschnerven in eine Armatur, bereitete zwischen dieser und der Muskelarmatur eine lange Kette von mehreren Metallen, Kohle, Ratzenschwänzen, dem Cruralnerven der *Lacerta agilis*, Morchelfstücken, gekochtem Schinken, und mit Muskelfleisch versehenem Maufesfell. Die Kette war in allen Punkten leitend, aber an dem Ratzen- und Maufehaar war beim Ueberströmen keine Bewegung, kein Sträuben zu beobachten. Aus diesen vielfachen Versuchen \*) läßt sich demnach der Schluß ziehen, daß, wenn das Galvanische Fluidum auch nicht mit den Kräften der belebten Materie allein in Verkehr steht, die Nebenwirkungen, die dasselbe auf die unbelebte Natur hat, doch bis jetzt noch nicht gründlich erwiesen worden sind. Fast eben so entziehen sich unserm Auge die Veränderungen, welche in den *molécules* einer Zinnplatte vorgehen, wenn ein Magnet, durch sie durch, auf Eisen oder Nickel oder Kobalt wirkt.

\*) Herrn Kühn's Versuch bleibt indess immer sehr bedenklich, und es wäre zu wünschen, daß Herr Hindenburg ihn mit seinem vortrefflichen Condensator wiederholte. Sollte er denn nie wiedergelingen? Vielleicht aber war die bemerkte Elektricität doch nicht das Agens im Versuche, vielleicht entwickelte sich nur, bei Gelegenheit der heftigen Muskelbewegung, Elektricität aus den Fröschen, welche das Instrument aufnahm. Solche elektrische Erscheinungen sind bei Muskelbewegungen öfter beobachtet. Wir wissen, daß der Visigothe Theodorich Funken sprühte, wenn er einherging.

Wir können daher in dieser Untersuchung die Betrachtung der todtten Stoffe, als Glieder der Galvanischen Ketten, fürs erste verlassen und zu den Eigenheiten der irritablen und sensiblen Fiber zurückkehren.

Wenn das Hauptagens des Galvanismus auf der Anwendung eines Reizes beruht, so folgt aus den ersten Grundsätzen der Physiologie, daß das Gelingen und Nicht-Gelingen der Versuche von der Stärke des Reizes eben so sehr, als von der Erregbarkeit oder Reizempfänglichkeit der thierischen Organe abhängt. \*) Bisher schien man nur auf das erstere Verhältniß hauptsächlich aufmerksam zu seyn; man untersuchte die relative Stärke der Armaturen, ihre Wirkbarkeit bei isolirten oder leitenden Unterlagen, und vernachlässigte, den Zustand der Reizempfänglichkeit zu verändern, in welchem sich das Thier, mit dem man experimentirte, befand. Ich habe mich bemüht, diesem Mangel abzuhelpen und bin dadurch zu Versuchen veranlaßt worden, welche den bisher angenommenen Gesetzen des Metallreizes sehr widersprechen.

Im Herbst 1794 während meines Aufenthaltes zu Steuben am Fichtelgebirge, bemerkte ich, daß, wenn ich abwechselnde Ketten von thierischen Stoffen (Stückchen Muskelfleisch) und Metallen bildete, die Contractionen erfolgten und ausblieben, je nachdem die Glieder dieser Kette anders gestellt wurden. Ich

\*) Vergleichen Herrn Sömmerings wichtige Bemerkungen in der Muskellehre S. 20—23. S. Vom Bau des menschlichen Körpers. H. 3. S. 15.

hielt die Vervielfältigung dieser Art von Versuchen, ein solches Ausmitteln der positiven und negativen Fälle, für sehr wichtig, weil es mir schien, als werde man auf diesem Wege allein die einfachen Bedingungen \*) erforschen, in denen die Urfach der Reizung gegründet ist. Ich erinnerte mich indeß bald, daß der Stimulus da seyn könne, auch wenn keine Zukun- gen erfolgten, weil der Grund des Nichterfol- gens bloß in dem Mangel der Reizempfänglichkeit der Organe liegen könne. Ich bemerkte, zum Bei- spiel, daß wenn in der Galvanischen Kette sich zwei Metalle nicht unmittelbar berührten, sondern wenn (Fig. 1. \*\*) zwischen der Muskel- und Nervenarma- tur, zwischen dem Silber und Zink sechs Kubiklinien frisches Muskelfleisch lagen, die Reizung bei den meisten Thieren gar nicht, bei sehr lebhaften aber

\*) Herr Pfaff drückt sich hierüber sehr schön aus: "Die Bedingungen oder Gesetze, nach denen sich das Da- seyn der Erscheinungen richtet, sind die wichtigsten für die ganze Untersuchung; dieß constante Coëxistiren und Succediren der Erscheinungen läßt uns mit Recht auf einen ursachlichen Zusammenhang derselben schließen, und wir können diejenigen äußern Umstände, die nothwendig zur Entstehung der Erscheinungen sind, und ihnen immer vorangehen müssen, als Grundenthaltend derselben ansehen." A. a. O. S. 179.

\*\*) Ob sich gleich alle Galvanische Versuche mit Worten beschreiben lassen, so sind manche doch so verwickelt, daß kleine Zeichnungen das Verständniß derselben ungemein erleichtern. Ich werde daher die Hauptfälle durch Figuren ausdrücken, doch nur durch einfache Umrisse, um nicht die Physiognomien von Menschenhänden, Zinkstangen und Froschschenkeln, wie Aldini, oft wiederholen zu müssen. Die Metalle drücke ich durch die bekannten adeptischen Zeichen derselben, Stückchen leitenden Muskelfleisches durch die Buchstaben *m f l.* aus.

vollkommen, doch nur in den ersten fünf bis acht Minuten, glückte. Ich fand, daß Schenkel von Fröschen, welche bei diesem Apparat nicht mehr zuckten, neue Contractionen zeigten, wenn ich ihren Nerv mit frischem Muskelfleisch bedeckte, ihn in seine vorigen Integumente einhüllte. Durch die Ruhe empfing die erschöpfte Faser ihre grössere Erregbarkeit wieder. Eben dies erfolgte, wenn ich den Cruralnerv einer Maus, der bei der Fig. 1. dargestellten Vorrichtung gar keine Bewegung äusserte, in eine alkalische Auflösung oder in oxygenirte Kochsalzfäure tauchte. Die Contractionen des Mauschenkels wurden sogleich so heftig, daß sein armirter Nerv vom Zink herabflog, als die im Griff isolirte silberne Pincette das Muskelfleisch *a* berührte. Beweise genug, um zu lehren, wie bei vermehrter Erregbarkeit, Contractionen erfolgen, welche bei minderer, unter sonst gleichen äusseren Umständen, ausbleiben!

Es ist daher zur gründlichen Untersuchung der Gesetze des Metallreizes unendlich wichtig, mit recht lebhaften, reizempfindlichen Individuen zu experimentiren. Je mehr die Incitabilität ihrer Organe erhöht wird, desto mehr positive Fälle, das ist, solche, in denen die Contractionen erfolgen, kann man ausmitteln. Ich bemühte mich daher, unter den Fröschen, zum Beyspiel, recht junge starke und (so viel als möglich) weibliche \*) Individuen auszuwählen;

\*) Wer recht viel Frösche secirt, oder den Geschlechtscharakter derselben, wenigstens in der Begattungszeit, aus ihren Händen bestimmen kann, wird die Behauptung, daß

ich fand, daß sie in kühlen Sommertagen, oder aus der langen Winterruhe erweckt und einige Tage im Zimmer gesellschaftlich gefüttert, am lebhaftesten waren. Aber nie, nie konnte ich vorher die selteneren Abänderungen glückender Versuche so bestimmt und sicher wiederholen, alle Nebenumstände dabei so gründlich prüfen, als seitdem ich auf den Gedanken verfiel, die Nerven der Thiere in alkalischen Solutionen, oder überfauener Kochsalzsäure zu baden. Durch Anwendung dieser einfachen Mittel, welche überhaupt die wunderlichsten Erscheinungen geben, hatte ich es gleichsam in Händen, die Erregbarkeit der Fiber willkürlich zu stimmen, Nerven matter Thiere künstlich zu einer Reizempfindlichkeit zu er-

291. die weiblichen Frösche reizbarer, als die männlichen sind, auf Experimente gegründet finden, die nicht, wie manche chemische, a priori oder ex anticipatione mentis, angestellt sind. Bei der *rana esculenta* L. war es mir deutlicher, als bei der *rana temporaria* L. Ueberhaupt wäre es interessant, den wunderlichen Geschlechtsunterschied durch die ganze organische Natur physiologisch zu verfolgen, und ihn nicht, wie bisher in der Naturbeschreibung geschieht, bloß in der Configuration gewisser Theile aufzufuchen. Selbst die Pflanzen mit getrennten Geschlechtern, die Arten der *Salix*, *Populus*, *Juniperus*, *Ruscus*, *Brucea*, *Schinus* und andere, könnten in dieser Hinsicht Objecte merkwürdiger Untersuchungen werden. Vergleiche meines ältern Bruders, Wilhelm v. Humboldt Abhandlungen über den Geschlechts-Unterschied und dessen Einfluß auf die organische Natur, und über die männliche und weibliche Form, in den *Horren*. 95. Bd. 1. St. 2. S. 99. St. 3. S. 80. (besonders S. 100.) St. 4. S. 14.

heben, von der ich im natürlichen Zustande kein Analogon fand!

Noch mehr! Da jeder allzu häufig angebrachte Stimulus die Organe schwächt, (mit warmen Auflösungen von oxydirtem Arsenik brachte ich völlige Atonie hervor) da gemeine Säuren auf die Nerven (nicht auf die Muskeln) angewandt, nach meinen Beobachtungen die Erregbarkeit vermindern; so konnte ich nun jeden thierischen Stoff in wenigen Sekunden von dem höchsten Grade der Reizempfänglichkeit zur tiefsten debilitas directa und indirecta \*) herabstimmen. Die Aufzählung dieser gewiss nicht unwichtigen Phänomene selbst, spare ich bis auf den Abschnitt von der Reizempfänglichkeit der Organe überhaupt. Hier war nur erforderlich, die Möglichkeit zu zeigen, wie ich mit lebhafteren Individuen häufiger, als andere Physiologen, experimentiren, und daher Erscheinungen beobachten konnte, welche ihnen entgehen mußten.

Ich komme nun zu den Verhältnissen oder Bedingungen, unter denen allein die Muskularbewegungen im Galvanischen Versuche erfolgen. Um sie einzeln zu betrachten, unterscheide ich (nach den im Vorigen entwickelten Gründen) zwei Zu-

\*) Debilitas indirecta, welche H. Weikhard uneigentliche Schwäche nennt (Entwurf einer einfachen Arzneykunst 95. S. 32) entsteht aus Ueberreizung des Organs. Beide Arten sind in ihren Ursachen sehr verschieden, und daß ich darum das Brown'sche System nicht ganz annehme, weil ich hier und da Brown's Kunstsprache befolge, bedarf wohl keiner Erläuterung.

---

stände der thierischen Organe, den der natürlich hohen, oder künstlich erhöhten und den der minderen Reizempfänglichkeit. Dafs beide Zustände (wie die moralischen, von gut und böse, klug und dumm) nur dem Grade nach verschieden sind, nicht durch schneidende Grenzlinien von einander getrennt werden können, wird mir nicht zum Vorwurf gereichen. Ich betrachte die Eigenschaften der belebten Materie, wie die Eigenschaften der todten. Die Chemie kennt eine Menge von Verbindungen, die sich bei einer höhern Temperatur anders, als bei einer niedern darstellen, ohne dafs man den Grad angeben kann, wo diese Veränderung anfängt. So betrachtet der Pathologe \*) in entzündlichen Krankheiten die Anhäufung von Electricität im menschlichen Körper bei feuchter und trockner Luft, ohne zu vergessen, dafs es keinen absoluten Unterschied zwischen Trockenheit und Nässe giebt.

\*) Hufeland's Pathogenie S. 126.

---



## Zweiter Abschnitt.

Zustand der erhöhten Reizempfänglichkeit — Leitung durch bloße thierische Theile — Cotugno's ältere Beobachtung — Galvani's Versuch beim Zurückbeugen der untern Extremität gegen die obere — Zweifel dagegen — Neue einfache Versuche — Directe Verbindung des Nerven und Muskels, in den jener inserirt ist. — Indirecte Verbindung durch ein Nervenstück. — Leitung vom Nerv in den Nerv.

**L** Wenn die lebendige Fiber, sey es die irritable oder sensible (denn beide machen Theile eines Ganzen aus, sind der gemeinsame Grund thierischer Erscheinungen) sich im Zustande natürlich hoher, oder künstlich erhöhter Reizempfänglichkeit befindet; so beobachte ich Muskularbewegung unter zweifachen Bedingungen, je nachdem ein frischer thierischer Stoff, oder Metall und Kohle die Leiter des Galvanischen Fluidums zwischen Nerv und Muskel bilden.

1) Die erstere Bedingung, welche uns in diesem Abschnitt beschäftigt, könnte man auch, nach den bisher gangbaren Hypothesen, Metallreiz ohne Armatur, ohne metallische oder kohlenstoff-

haltige Excitatoren nennen. Sie giebt Verhältnisse an, unter denen man fast allgemein das Eintreten der Galvanischen Erscheinungen läugnet. Herr Pfaff, dessen Schrift alles enthält, was bis zum Winter 1795, über thierische Electricität öffentlich bekannt gemacht wurde, Herr Pfaff \*) sagt ausdrücklich: „Feuchte thierische Theile, Muskeln, Nerv, „frische vegetabilische Theile, Wasser und mancherlei mit demselben befeuchtete Körper, sind völlig „unfähig, Zuckungen, nach Art der Metalle, zu erregen. — Metalle, Erze, Kohle und Reifsblei sind „die Körper, welche als einzige Excitatoren dieser „Erscheinungen aufgeführt werden können. — Bei „sehr grossen und, allen Erscheinungen zufolge, sehr „reizbaren Individuen, gleich nach der Zubereitung, „bei verschiedener Beschaffenheit der Atmosphäre „mit der grössten Sorgfalt angestellte Versuche haben „mich überzeugt, dass eine Verbindung der Muskeln mit einer beliebigen Armatur durch Wasser, „frische, feuchte, thierische und vegetabilische „Theile und beliebige nassgemachte Körper aller „Art nie im Stande ist, Zuckungen zu erregen.“ Herr Delametherie \*\*) versichert in seinem schö-

\*) a. a. O. S. 49 — 199 und 200 — 338. Verglichen Gehler's Phys. Wörterbuch Th. 5. S. 286.

\*\*) *Roz. Journ. de Physique* 1793. p. 293. Das vorzügliche Talent, welches Herr Delametherie hat, analoge Facta zusammen zu reihen, und gewisse, wahrscheinliche, und zweifelhafte Resultate von einander zu unterscheiden, zeichnet diese Arbeit, wie sein Meisterwerk die *Nouvelle Theorie de la Terre*, aus. Möge dieser Mann, den seine imponirende Kühnheit bisher auf eine

nen Aufsatze: *Réflexions sur l'électricité animale*: „que les substances animales ne sont point assez bons conducteurs pour produire les effets des métaux, de la plombagine et du charbon.“ Eben so fast alle Physiker, welche über den Metallreiz schrieben.

Nur einige Erscheinungen, welche Herr Cotugno zu Neapel, und die Bologner Schule, bemerkten, schienen auf Metallreiz ohne Metall und Kohle hinzudeuten. Der erstere wollte eine kleine Hausmaus lebendig seciren; er faßte sie mit zwei Fingern in der Rückenhaul und hielt sie in die Höhe. Kaum aber schlug der Schwanz der Maus gegen seine Hand, so empfand er einen heftigen Stoß und Krampf durch den Arm, die Schultern und den Kopf. Diese schmerzhaftc Empfindung dauerte eine Viertelstunde lang fort \*). Diese merkwürdige Erscheinung, welche nebst andern im *Journal encyclopédique de Bologne* bekannt gemacht wurde, veranlaßte Herrn Vassali 1789, und endlich Herrn Galvani 1792 zu ihren elektrischen Versuchen. Sie leitete also zu wichtigen Entdeckungen, ob man gleich gegen sie selbst mannigfaltige Zweifel \*\*) erhob. Herr Galvani \*\*\*) fand, dafs, wenn ein Frosch ab-

fast unbegreifliche Art rettete, den Wissenschaften nicht auch noch durch Revolutionswuth entrissen werden.

\*) Gotha'sches Mag. für das Neueste aus der Physik, B. 8. St. 3. S. 121.

\*\*) Gehler a. a. O. S. 295.

\*\*) Grens neues Journal der Physik, B. II. H. 2. S. 169. (aus *Brugnatelli Giorn. fisico-medico* 94. Agosto, p. 99.) *Dell' uso e dell' attività dell' arco conduttore nelle contrazioni dei muscoli.* Mod. 94. p. 16.

gezogen, ausgeweidet und so präparirt wurde, daß bei fast ganz weggeschnittenem Rückgrad die obern Extremitäten mit den untern nur durch die Ischiadernerven zusammen hingen, heftige Muskular-Contractionen in der ganzen thierischen Maschine entstanden, wenn der Wadenmuskel (*m. musculus gemellus* und *soleus*) gegen die Schulter des Frosches zurückgebogen ward. Es ist seltsam, daß dieser merkwürdige Versuch, welcher in Bologna und Venedig viel Aufsehen erregte, so lange in Deutschland unbekannt blieb. Herr Pfaff erwähnt seiner ebenfalls nicht, und der Caval. Volta, mit dem ich auf seinem Landsitze zu Como experimentirte, machte mich zuerst damit bekannt. Dieser große Physiker äußerte ehemals in seinem Briefe an den Professor Vassalli zu Turin: daß die Zuckungen im erwähnten Falle von einer mechanischen Reizung, von einem Drucke, den die Nerven litten, herrühre. Er führte mit der, ihm eigenen Lebhaftigkeit, eine Menge Gründe für diesen Zweifel an, und endigte mit dem Schlusse: „daß diese gerühmten Versuche nichts bewiesen.“ Ich gestehe aber, daß mir dieselben seit meiner Rückkunft aus Italien unter Umständen gelungen sind, die jeden Verdacht einer mechanischen Erschütterung des Nervensystems ausschließen. Oft schob ich bloß in einer horizontalen Fläche den Froschschenkel gegen das Ende der obern Extremität, und die Convulsionen waren dennoch sehr heftig. Auch hat Herr Volta seitdem selbst seine Meinung über diese Erscheinung umgeändert. Er äußerte mir mündlich, daß er die Zuckungen selbst

nicht mehr einer mechanischen Reizung zuschreiben, daß er sie aber befriedigend nach seiner Theorie vom gestörten Gleichgewicht der Elektricität unter drei heterogenen Stoffen erklären könne. Er zeigte mir \*), wie Seife oder Kleister, mit denen man die Schulter oder die Brust des Thieres bestreicht, die Contractionen verstärken. Er glaube, daß, wenn selbst ohne diesen Kunstgriff bei frisch geöffneten, sehr lebhaften Individuen der Versuch glücke, es nur daher rühre, daß der tendinöse, weisse, härtere Theil des Wadenmuskels die nie von Blut ganz trockne Brust berühre. Alsdann wären wieder drei verschiedenartige Stoffe: Sehnenfaser, Blut- und Muskelfaser, im Contact, und die Bedingung, unter der (nach seiner Theorie) die Elektricität so —> oder so <— hinüber zu strömen anfangt, sey erfüllt. Meine neuesten, erst vor wenig Wochen, angestellten Beobachtungen widersprechen aber dieser Voraussetzung. Ich zog einem Frosch die Oberhaut ab, und präparirte ihn so, daß der Rumpf mit den Schenkeln nur durch die entblößten Ischiadnerven zusammenhing. Ich erregte heftige Muskelbewegungen, als ich das rothe, gar nicht tendinöse Muskelfleisch der Lende leise gegen den Ischiadnerven zurückbeugte. Hier war der Stimulus unter Umständen wirksam, unter denen er sich vorher noch nie gezeigt hatte! Hier waren nur zwei, und zwar organisch

\*) Vergleiche meinen zweiten Brief an Herrn Blumenbach in *Grenz N. Journ.* 95. B. 2. H. 4. S. 475.

nisch verbundene Stoffe, Muskel und Nerv in Berührung! Von einem mechanischen Druck konnte die Reizung nicht entstehen; denn alle Theile blieben in Ruhe, als der Ischiadnerv allein mit Muskelfleisch, Siegellak, Holz und andern nicht excitirenden Substanzen erschütternd berührt ward. Ja, eben diese Ruhe erfolgte, als eine dünne Glasplatte oder Blättchen von einer aufgetrockneten Pflanze den Nerv bedeckten, und die Lende nun gegen diese zurückgebeugt ward. Auf eine fast ähnliche Art erregte Herr Volta Muskelbewegungen \*) als er die obern und untern Extremitäten eines eben so präparirten Frosches in zwei verschiedene Gefäße mit Wasser tauchte, und beide Gefäße mit zwei seiner Finger mit einander verband. Er vermuthete, daß auch in diesem Falle ein glückliches Zusammenreffen von Nebenumständen, eine zufällige Heterogeneität seiner Finger gewirkt habe! Es kommt hier

\*) Auffallend ist es, wie lebhaft Herr Volta selbst sonst gegen die Möglichkeit dieser Muskelbewegungen eiferte. „Wenn das elektrische Fluidum, sagt er, nach Galvani's Theorie in dem Körper eines Thieres, dessen Hinterschenkel in einem mit Wasser gefüllten Glase hängen, und dessen Rumpf mit dem Rückenmark sich in einem andern Glase befindet, ungleich vertheilt wäre: und wenn bei der angebrachten leitenden Verbindung zwischen dem einen Glase und dem andern durch einen metallischen Bogen, die heftige krampfhaftige Bewegung daher rührte, daß das Fluidum plötzlich ins Gleichgewicht gebracht wurde, warum, frage ich, erfolgen nicht dieselbigen Bewegungen, warum bleibt der Frosch vollkommen ruhig, wenn man sich, anstatt der Metalle, zweier Finger als Auslader bedient, oder nach in jedes Glas eine Hand steckt,“? Grens Neues Journ. der Phys. B. 2. H. 2. S. 164.

nicht auf Bestreitung einer Theorie, sondern nur auf Ausmittlung von Thatfachen an, und daß die vorgenannten zu verwickelt sind, um nicht eine vieldeutige Erklärung zuzulassen, muß jedem Unparteiischen einleuchten. Sie setzen alle eine besondere künstliche Präparation des Thieres voraus, beide Extremitäten müssen dabei widernatürlich gebeugt oder bewegt werden. Die Frage, ob ein tendinöser oder muskulöser Theil berührt worden sey, ob die Integumente rein von Blut oder noch schwach damit tingirt waren, ist unendlich schwer, ja apodiktisch, im strengsten Sach- und Wortverstande, nie zu entscheiden. So ungerecht es mir daher scheint, wenn man von dem Chemisten, der sich rühmt, das Verhältniß von zwei oder drei Stoffen in seinem Laboratorium ergründet zu haben, fordert, daß er alle Gährungsproceß der Luftregionen erklären soll, eben so ungerecht wäre es, dem Physiologen nur die verwickelteren Fälle der Galvanischen Erscheinungen vorzulegen. Ich verlasse daher diesen unsichern Weg der Untersuchung, und halte mich an einfache Versuche, die, so viel ich weiß, noch niemand vor mir anstellte.

Einem Frosch, der einen natürlich hohen, (nicht durch Alkalien künstlich erhöhten) Grad der Erregbarkeit zeigte, wurden beide Schenkel abgelöst. An dem rechten Schenkel präparirte ich den Cruralnerven \*) schnell heraus, und legte diesen,

\*) Da es hier nicht darauf ankommt, die Neurologie des Frosches zu liefern, so merke ich nur mit wenigen Zeilen an, daß ich den großen Nerv an der äußern

fammt der ganzen Extremität, auf eine wohlgetrocknete Glasplatte. Ich befestigte nun ein 4 bis 6 Kubikzoll frisches Muskelfleisch an einem isolirenden Griff von Siegellak, und berührte damit zugleich den Cruralnerv und Schenkelmuskel des Frosches. Es entstanden zu meinem Erstaunen lebhafte Zuckungen. In demselben Zweifel, den Herr Volta \*) gegen Galvani äußerte, „dafs, wenn Nerv und „Muskel vollen Vigor der Vitalität haben, jeder mechanische Reiz, jeder Druck oder Stofs hinreichend „ist, um Convulsionen, Tremores und Subfultus zu erregen,“ in diesem Zweifel nahm ich, statt des Muskelfleisches, trocknes Holz, Horn oder einen scharfen Knochen zum Leiter zwischen dem Cruralnerven und Schenkelmuskel, aber keine Spur einer Contraction war zu sehen. Noch mehr: ich berührte beide, die sensible und irritable Fiber (Fig. 2.) zugleich mit zwei Stücken Muskelfleisch x und y, die an zwei isolirenden Pincetten befestigt waren. Sollte nun die mechanische Impression von x und y auf die thierischen Organe Urfach der Reizung seyn, so mußte sie erfolgen, als x und y mit Stofs dieselben

Seite der Froshlende mit allen, die über den Galvanismus schreiben, Crural- und Schenkelnerv nenne, obgleich es zweifelhaft scheint, ob derselbe diesen Namen verdient, oder nicht vielmehr als Fortsetzung des Nervus ischiadicus zu betrachten ist. Die Kunstwörter der Menschen-Anatomie passen nicht immer ganz auf die Zootomie. So viel ist gewifs, dafs der gedachte große Nerv hinten aus dem Becken entspringt, bis zum Knie keine Zweige abgiebt, sich von dort an aber mannigfaltig spaltet.

\*) Gren a. a. O. S. 170. Note.



trafen. Aber nein! Der Stimulus war nicht eher wirksam, als bis sich beide Stücke Muskelfleisch unter einander berührten, oder bis sie durch ein drittes, z, mit einander verbunden wurden.

Ich präparirte nun den linken Froschschenkel, der bereits über eine Vierteltunde geruht hatte; sein Cruralnerv schien so unempfindlich, daß er selbst durch mechanisches Kneifen, wenn es nicht überaus heftig war, nicht zu Muskelbewegungen gereizt werden konnte. Dennoch glückten alle vorgeschriebene Versuche auch mit diesem. Ja! ich sah deutlich, daß die Reizung stärker war, wenn ich x und y dergestalt durch z verband, daß z zuerst x und dann y berührte, als wenn die Verbindung von y ausgeschlossen wurde. Als der Schenkel nach einer halben Stunde bereits sehr matt war, erfolgten gar keine sichtbaren Contractionen mehr, wenn das Stückchen Muskelfleisch zuerst den Cruralnerven und nachmals den Schenkelmuskel traf. Dagegen waren sie sehr heftig, wenn die imaginäre Zuleitung des Galvanischen Fluidums vom Schenkelmuskel ausging. Dieser Umstand, welcher den Gesetzen des Metallreizes \*) ganz analog ist, entfernt, wie mich dünkt, jeden Zweifel, daß alle diese Erscheinungen keine gemeinfame Ursache mit dem Metallreiz hätten. Dieselben Versuche glückten mir an mehreren andern Land- und Wasserfröschen, an der kleinen *Rana arborea*, der *Lacerta agilis* und der

\*) Valli in Rozier *Journal de Physique* T. 41. p. 72.  
Pfaff a. a. O. S. 10.

**Hausmaus (Mus Musculus.)** Nerven, welche, im Zustande der natürlichen Erregbarkeit, keine Contractionen bei dieser Präparation erregten, erlitten dieselben sogleich, als sie in alkalischen Auflösungen gebadet wurden. Bei mehreren Individuen löste ich den obern Theil des Cruralnerven ab, und schob (Fig. 3.) dieses getrennte Stück x mittelst einer Glasröhre zwischen den, noch inserirten Nerv und den Schenkel selbst. Als auf beiden Seiten der Contact geschah, blieb die convulsivische Erschütterung nicht aus. Hier waren nur zwei heterogene Stoffe, ein inserirter Nerv, ein Nervenstück und Muskelfleisch in Berührung, also jeder Verdacht, diese merkwürdige Erscheinung auf die Voltaische Theorie vom gestörten Gleichgewicht der Elektricität, durch den Contact von wenigstens drei heterogenen Substanzen zu reduciren, entfernt. Ich zweifle, daß es je glücken wird, die Wirkungen des Galvanismus auf einem einfachern Wege, als auf diesem, zu zeigen. Merkwürdig ist noch dabei, daß (Fig. 4.) wenn x kein recht frischer Nerv, oder kein frisches Stück Muskelfleisch ist, und also wegen der unvollkommenen Leitung die Contraction nicht erfolgt, dieselbe sogleich erregt wird, wenn man x, statt mit einer gläsernen Röhre, mit einem Eisendrathe gegen den Schenkel schiebt. Der Eisendrath berührt hier bloß die äußere Oberfläche von x, die Communication von dem Cruralnerven zum Schenkelmuskel ist durch keine metallischen Theile unterbrochen, und doch äußert sich schon der mächtige Einfluß, den diese auf die Galvanischen Erscheinungen ha-

ben, sobald sie nur in den entferntesten Verkehr mit den thierischen Organen treten.

Auch durch ein Ueberströmen vom Nerv in den Nerv gelang es mir mehrmals, Muskelbewegungen, ohne Armatur, durch bloß thierische Theile zu erregen. Ich faßte den Cruralnerv (Fig. 5.) ganz sanft mit zwei Fingern der linken Hand, und berührte nun mit der rechten, in der ich ein paar Cubiklinien Muskelfleisch hielt, denselben Cruralnerv. Die Reizung war heftig, sobald der Contact erfolgte, sie schien am heftigsten, wenn er nahe an der Insertion des Nerven in den Muskel, doch von diesem entfernt, geschah. Um überzeugt zu seyn, daß auch hier kein mechanischer Reiz statt finde, verwechselte ich z mit einem Stück trockenem Elfenbein, aber die Zuckung blieb sogleich aus. Um auch dem Verdacht vom Druck mit den Fingern zu entgehen, theilte ich z in zwei Hälften, nahm in jede Hand ein Stück und berührte nun (es war an einer muntern Eidexe) den Cruralnerv in zwei Punkten damit; die Contraction des kleinen Fusses erfolgte; selbst die Zehen dehnten sich convulsivisch aus. Hier hatte ich also lebhafteste Muskelbewegungen erregt:

1. indem ich die Lende eines Thieres gegen den Ischiadnerv zurückbog, mit dem sie noch organisch verbunden war, (S. oben S. 32.)
2. indem der Cruralnerv und sein Schenkelmuskel mittels eines abgeschnittenen Stückes Cruralnerv zugleich berührt wurde, und

**3. indem thierische Theile eine Leitung von einem Theile des Nerven zum anderen bildeten.**

In dem ersten Falle war der Contact bloß unter solchen Theilen, welche organisch mit einander verbunden waren. In den beiden letzten Fällen geschah derselbe mittels getrennter Stücke, welche aber kurz vorher noch dem gereizten Organe angehörten, und entweder der sensiblen oder irritablen Fiber homogen waren. Obgleich in dem Versuch Fig. 5. nur Nerv und Nerv berührt ward, so macht ihn die Leitung durch die menschliche Maschine, vom rechten in den linken Arm, doch weniger einfach, als den Versuch Fig. 3. wo Muskel und Nerv durch ein Nervenstück verbunden wird und die Kette nur aus zwei Stoffen besteht.

Da ich Zuckungen erregt hatte, indem ich (Siehe oben S. 32.) den fleischigen, gar nicht tendinösen Theil der Frochlende gegen den, noch mit dem Rumpfe zusammenhängenden Ischiadnerven zurück bog, so war ich sehr neugierig, ob ich nicht bei getrenntem Rumpfe dasselbe Resultat erhalten würde. Aber alle meine bisherigen Versuche haben mir keine Contractionen gezeigt, wenn ich (Fig. 6.) den Schenkel gegen den Nerv und diesen gegen jenen bog. Eben so fruchtlos war bisher das Experiment Fig. 7. auf welches mich die Analogie von Fig. 5. leitete. Ohne den Muskel zu berühren, schob ich bei sehr lebhaften Individuen das Nervenstück v an den Cruvalnerv t dergestalt an, daß t in zwei verschiedenen Puncten getroffen ward — aber immer

ohne Erfolg. Da es bei dem eigentlichen Metallreize sichtbar ist, wie in Fig. 8. die Zuckungen bei der Verbindung von dem Metall und Nerven durch r längst aufhören, wenn sie bei der Verbindung mit dem Metall und Muskel durch s noch fortdauern; so scheint daraus zu folgen, daß der Stimulus in dem letzten Fall heftiger als im ersten ist. Sollte daher, bei gleicher Reizempfindlichkeit, nicht schon darum in Fig. 3. eine Contraction erfolgen müssen, die in Fig. 7. ausbleibt? Sollte man nie dahin kommen, die Erregbarkeit eines Thieres so zu vermehren, daß auch der schwächere Reiz in Fig. 7. wirksam würde? — Aber es kommt hier auf Thatfachen, nicht auf hypothetische Vermuthungen an, und ich wünsche nicht, daß man diese mit den Resultaten sicherer Erfahrungen verwechsle.

---

### Dritter Abschnitt.

Zustand erhöhter Erregbarkeit — Leitung durch metallische und kohlenstoffhaltige Substanzen — durch homogene Metalle, ohne Kette — mit Kette — Neues Phänomen der Reizung durch bloße Berührung der Nervenarmatur, ohne besondere Zuleitung aus dem berührenden Körper in die thierische Fiber. — Streit über Homogeneität — Versuch die Aldinischen Erfahrungen gegen Volta zu rechtfertigen — Resultate.

II. Die zweite Bedingung, unter der im Zustande erhöhter Reizbarkeit Contractionen erfolgen, setzt das Mitwirken von metallischen oder kohlenstoffhaltigen \*) Substanzen bei dem Versuche voraus. Wir nähern uns hier einer Classe von Erscheinungen; welche größtentheils zu den mehr beobachteten, aber verwickelteren, und darum nicht minder bestrittenen gehört. Ich hoffe alles auf wenige einfache Sätze zurückzuführen, wenn ich abermals zwei Fälle, Reizung durch ein Metall oder homogene metallische Theile, und Reizung durch heterogene Metalle unterscheide.

a) Wenn homogene Metalle Muskelbewegungen erregen, so sind sie entweder so an den thie-

\*) Um die lästige Wiederholung von Metall und Kohle zu vermeiden, nenne ich künftig nur die Metalle allein.

rifchen Organen angebracht, daß sie mit denselben eine geschlossene Kette bilden, in der ein Fluidum kreisförmig circuliren kann, oder diese Kette ist nicht vorhanden. Die merkwürdigen Versuche, welche sich auf die letztere Disposition der Excitatoren gründen, sind mir eigenthümlich, und ich werde sie daher zuerst entwickeln.

\*) Homogene Metalle ohne Kette — Alle Physiologen \*) welche über den Galvanischen Versuch geschrieben haben, alle Physiker und Dilettanten, welche davon erzählen, behaupten apodiktisch: daß die Muskularbewegung nicht eher erregt werden könne, als bis die silberne Pincette s (Fig. 8.) welche auf der Nervenarmatur ruht, mit dem andern Schenkel den Muskel selbst berührt; daß Glasplatten, oder Luft (und sey es auch nur eine Luftschicht von  $\frac{1}{12000}$  Linie) zwischen dem Metall und Muskel alle Contractionen verhindern. Hätte man den wichtigen Grundsatz der Physiologie, „ein Stimulus wirkt nur dann, wenn er der Erregbarkeit des Organs angemessen ist,“ nicht aus dem Auge verloren, so würde man sich dieser apodiktischen Behauptung über negative Fälle enthalten haben. Ich widerlege dieselbe nicht durch die wunderfame Erscheinung, welche ich schon längst in meinem ersten Briefe an Herrn Blumenbach \*\*) bekannt

\*) Z. B. Grens Journ. d. Physik, B. 6. H. 3. S. 405. B. 8. H. 2. S. 279. B. 8. H. 1. S. 72. Pfaff a. a. O. S. 50. Rozier Journ. de Physique Avril. 1793. p. 290.

\*\*) In Grens Neuem Journ. der Physik B. 2. St. 2. S. 123.

machte; nicht durch die Erfahrung, daß Convulsionen erfolgten, wenn die mit Muskelfleisch umwickelte Pincette sich dem Nerv auf  $\frac{1}{2}$  Linien näherte. Hier schien offenbar ein gasförmiges Ausströmen zu wirken; denn die Convulsionen hörten augenblicklich auf, als eine dünne Glasplatte zwischen den Nerv und dem, ihm genäherten Schenkel der Pincette gehalten wurde. Ich berufe mich vielmehr auf eine ganz andere Classe von Versuchen, die mir nur erst seit meiner Rückkunft nach Deutschland glückten, und die den Galvanismus in einem neuen Lichte darstellen.

Es war am 20ten November des verflossenen Jahres, als ich den Cruralnerven eines sehr lebhaften Frosches präparirt und ihn (Fig. 9.) mit Zink M armirt hatte. Ich wollte diese Nervenarmatur M und den Schenkelmuskel mittels einer andern Zinkstange N verbinden — aber kaum waren die beiden Metalle in Berührung, ohne daß N sich auch nur dem Muskel oder Nerv näherte, so erfolgten schon heftige Contractionen. Ich zeigte diese noch nie beobachtete Erscheinung sogleich meinem gelehrten Jugendfreunde und Reisegefährten Herrn Freiesleben, \*) und wir konnten unser Erstaunen darüber

\*) Verfasser der Bemerkungen über den Harz, Leipz. 1795. 2 Bände, und mehrerer geognostischen Beschreibungen Böhmischer und Sächsischer Gebirgsgegenden im Bergm. Journ. u. in Lempens Magazin — Schriften, welche besonders für die schwierige und für den Bergmann wichtige Untersuchung über Schichtung und Lagerung der Gebirgsmassen classisch wichtig und lehrreich sind.



nicht genugsam gegenseitig ausdrücken. Wir fürchteten, diese Reizempfänglichkeit möchte nur wenige Minuten anhalten, aber der Versuch glückte eine gute Viertelstunde lang. Ich hatte daher Mufse, alle Nebenumstände sorgfältig zu prüfen, um dem Verdachte der Täufchung, den ich mir selbst erregte, zu entgehen. Ich fand, dafs es ganz gleichgültig war, wo, ob in *r* oder in den entfernteren Puncten *s* und *t* die Nervenarmatur *M*, durch Zink berührt wurde. Der Versuch glückte, ich mochte *N* mit der Hand; oder mittels eines Griffs von Siegellack halten. Ja, die Contraction war überaus heftig, indem ich *N* auf *M* fallen liefs, ohne dafs es weder einen thierischen Theil noch die Glasplatte unter dem Zinke berührte. Sie blieb sich ganz gleich, ich mochte mit einer silbernen \*) Pincette oder mit *N* selbst, die Armatur von Zink erschüttern; sie blieb sich gleich, das entgegengesetzte Ende von *N*, *v*, mochte sich den thierischen Organen auf eine halbe Linie nähern, oder davon *z* o l l weit entfernt bleiben, es mochte entblöfst oder mit frischem Muskelfleisch umwickelt seyn. Ich verlängerte *M* dadurch, dafs ich dasselbe mittels eines dreizölligen eisernen Drathes mit einer andern Zinkstange *P* verband (Fig. 10); nun wurde diese allein von *N*

\*) Ich habe diesen Abschnitt eingetheilt in Zuckungen durch  
 a) homogene Metalle *a*) ohne Kette, *β*) mit Kette;  
 b) heterogene Metalle. Ich lasse unter *b* den Fall ohne Kette, der schon unter *a* erzählt wird, weg. Eben der Wiederholung war ich ausgesetzt, wenn ich mit und ohne Kette zu Oberabtheilungen machte, und jede derselben in Contractionen, mit homogenen und heterogenen Metallen zerfallen liefs.

berührt, und augenblicklich entstanden lebhaftere Contractionen. Diese hörten auf, wenn der Contact der Metalle einmal geschehen war; nur eine neue Trennung und neue Berührung erregte sie wieder. Die Zinkstange N wirkte indeß hiebei auf eine andere Art, als daß sie P oder M erschütterte. Die heftigsten Schläge von Glas, Elfenbein, Knochen, trockenem Ebenholze und Hornstein brachten keinen Reiz hervor. Es blieb mir der Verdacht, ob vielleicht eine verborgene Leitung zwischen N und dem Froschschenkel oder Cruralnerven statt fände; ob ein Versuch, der allem, was man bisher von einer geschlossenen Kette, von einem circulirenden Fluidum sagte, zu widersprechen schien, sich doch nicht auf die Gesetze der Kette reduciren ließe. Ich wechselte von Glasplatten, auf denen der Apparat lag, aber ohne eine Veränderung in den Erscheinungen hervorzubringen. Ich schob endlich eine Glasplatte unter den Zink (Fig. 11.) und eine zweite c unter den Schenkel. Indem ich nun Zink auf Zink fallen ließ, hielt eine zweite ganz isolirte Person c sämmt dem Schenkel, in der Luft in die Höhe. Die Muskularbewegung schien durch diese Isolation, statt gar nicht zu erfolgen, nur noch convulsivischer zu werden. Das Metall N, dessen Contact mit P oder M als die Ursach der Reizung anzusehen ist, scheint demnach auf keine andere Weise, als durch M auf den Nerv zu wirken. Der Einwurf, daß auch aus dem andern Ende von N, aus v durch die Luft etwas in den Schenkel strömen könne, begründet zwar keine Unmöglichkeit; indeß gehört er zu denen;

mit welchen man freilich jede physikalische Wahrheit unsicher machen kann. Um jedoch kein Experiment unverfucht zu lassen, erfann ich mir folgenden Apparat. Ich stürzte (Fig. 12. a.) eine gläserne Glocke über P und N, und sperrte dieselbe, besonders wo der Eifendrath bei y heraustritt, mit Oel. Nun schob ich, durch den Rand der Glocke selbst N an P an, und die Contraction fehlte bei der Berührung nie. Wo ist hier noch eine andere Verbindung von N nach dem Schenkelmuskel, als die durch P, den Eifendrath M, und den Nerv denkbar?

Beide Schenkel desselben Individuums gaben dieselben Erscheinungen. Bei dem einen dauerten sie indess kaum vier bis fünf Minuten lang. Ich hatte damals mehrere überaus lebhafte Frösche, welche im warmen Zimmer plötzlich aus der Winterruhe, in die sie der heftige Frost versenkt hatte, erwachten. Mit diesen glückte mir der vorbeschriebene Versuch, in den letzten Tagen des Novembers, wohl sechs bis siebenmal. Herr von Schallern, ein erfahrener, einsichtsvoller Arzt, war mehrmals dabei gegenwärtig; wir prüften alle Nebenumstände, und überzeugten uns, daß die Reizung vorhanden ist:

„wenn nur die Bedingung erfüllt ist,  
 „daß ein Metall, auf dem der Nerv  
 „ruht, von einem andern, ihm homoge-  
 „nen oder heterogenen, Metallerfschüt-  
 „ternd berührt wird.“

Der umgekehrte Versuch (Fig. 12. b.) in dem die Zinkstange N. mit dem Schenkel, aber nicht mit

dem Metall M in Contact tritt, war immer negativ.

Noch mehr! Ich hatte einst zwei Schenkel zugleich mit Zink armirt, zwischen beiden war keine leitende Verbindung; so oft aber N auf M fiel, zuckten beide heftig. Ich ließ jeden derselben mit einer eigenen Glasplatte (Fig. 13.) in die Luft heben, aber der Versuch glückte nicht minder. Als der eine Schenkel a an Erregbarkeit abnahm und ungereizt blieb, während das entfernte Metall N auf den Nerv b mächtig wirkte, so wurde auch für a der Reiz augenblicklich wieder hergestellt, als a und b durch eine Zinkstange Q (Fig. 14.) verbunden wurden. Dieser Fall ist sehr auffallend. M, b, q und a bildeten nun eine geschlossene Kette, deren Glieder zwei homogene Metalle und zwei Froschschenkel waren. Wenn ein Stück Bergkrytall M heftig erschütterte, so blieb alles in Ruhe; kam aber die Zinkstange N nur in den leisesten Contact mit M, so waren alle Erscheinungen des Galvanismus auf einmal hervorgerufen. Eben diese stellten sich dar, wenn Q fehlte, und der Schenkel a, den Fuß von b berührte. Auch schien es, als wenn (Fig. 9.) der Cruralnerv erregbarer wurde, wenn er einige Minuten auf dem Zink M geruht hatte, als wenn er eine gleiche, ja wohl längere Ruhe auf einer Glasplatte genoss. Doch wurde diese Abänderung des Versuchs nicht oft genug wiederholt, um bestimmt darüber entscheiden zu können. — Dagegen ist es mir zweimal unwidersprechlich geglückt, den Nervus radialis und Nervus ischiadicus eines nicht

sehr lebhaften Frosches durch alkalische Auflösungen zu einer solchen Reizempfindlichkeit zu stimmen, daß sie nun von homogenen Metallen ohne Kette stimulirt wurden.

Soweit die Thatfachen! Wie aber dieser Versuch, den ich für den wichtigsten halte, welchen diese Schrift über den Galvanismus enthält, alle Theorien, welche sich auf kettenförmige Berührung verschiedener Stoffe, oder auf ein kreisförmiges Hin- und Herströmen einer Flüssigkeit gründen, widerlegt, davon wird die Entwicklung unten folgen.

β) Homogene Metalle mit Kette. — Auch hier zeugen meine Versuche gegen die Behauptungen der neuern Physiologen. Kein Streit, welcher den Galvanismus betraf, ist jenseits der Alpen mit solcher Hitze und Bitterkeit geführt worden, als der über die Frage, ob homogene Metalle, als Muskel- und Nervenarmatur, auch Contractionen erregen können? Bei dieser Lebhaftigkeit ist es kaum begreiflich, wie lange man sich mit unexacten Versuchen begnügte. Statt sich selbst Metalle zu reinigen und nur diese anzuwenden, agirte man mit Scheeren \*) und Feilen, deren Mischung man nicht kannte. Ja! man drehte sich immer im Kreise um die Versuche mit kaufbarem Zinne und Eisen, ungeachtet jedem Chemisten bekannt ist, daß jenes immer mit Blei gemengt, dieses in einem dreifachen Zustande, rein, gekohlt und überkohlt vorkommt. Herr Aldini zu Bologna bahnte endlich einen

\*) Valli *exper. a. a. O. p. 59.* Pfaff *a. a. O. S. 65. und 158.*

neuen Weg. Er zeigte zuerst, wie man mit einem metallischen Fluidum, mit Quecksilber, experimentiren müsse. Er übertraf alle seine Vorgänger in der Mannigfaltigkeit von Versuchen, in der Feinheit des Apparats, in den sinnreichen Anordnungen desselben — aber er ging darauf aus, eine allgemein beliebte Theorie umzustürzen, und es traf ihn daher ein Loos, dem der Physiker in solchem Falle nie entgeht; seine Facta wurden geläugnet, \*) man warf ihm vor, daß er sich getäuscht habe.

Ich schreite jetzt zur speciellern Beleuchtung dieser Behauptungen. Herr Galvani gab zuerst Zuckungen als eine Folge homogener Armaturen von Eisen\*\*) an. Der Professor Berlinghieri\*\*\*) zu Pisa und Doctor Lind bestätigten diese Angabe, und die *Société philomathique* †) zu Paris fügte noch homogenes Blei und Zinn, als dem Galvanismus günstig, hinzu. Herr Valli bemerkte Contraction-

\*) Wie man, um Theorien zu retten, nicht bloß Facta läugnet, sondern selbst gegen die einfachsten Grundsätze der Mechanik und Hydrostatik streitet, davon siehe ein denkwürdiges Beispiel in einem Conflict berühmter, sonst verdienstvoller Männer über ein negativschweres Phlogiston, über den Schwerstoff, das Wiegen der Gasarten in freier Luft und über eine ursprüngliche Expansivkraft des Licht- und Wärmestoffs.

\*\*) Gren's Journal der Physik, B. 6. St. 3. S. 378.

\*\*\*) *Roz. Journ. de Physique, Avril 1793. p. 289.* „C'est à tort que les physiciens ont dit, qu'il fallait une hétérogénéité dans les métaux, qui servent d'armatures et d'excitateurs.“ Tome VI.  
Chap. 12.  
p. 128.

†) Eine gelehrte Gesellschaft junger Leute, welche 1788. zusammen trat und ihre Arbeiten während der Revolution fortsetzte.

nen, als er mit den Blättern einer Scheere und der kleinen Schraube, welche jene zusammenhält, zugleich Muskel und Nerv berührte. Den Verdacht, den Zinn und Eisen erregen, habe ich bereits oben geäußert und beim kaufbaren Blei ist ungleiche Vermengung mit Silber nicht weniger zu muthmaßen. Herr Pfaff \*) reizte die thierischen Organe durch ein einfaches Stück Kupferblech mit Erfolg, blieb aber wegen Mangels an Vervielfältigung seiner Versuche, wie er selbst gesteht, unschlüssig, ob er die Heterogenität der Metalle für eine unwesentliche oder mit Fowler und Volta für eine wesentliche Bedingung Galvanischer Erscheinungen halten soll. Herr Valli, der über diesen Gegenstand mit Herrn Delametherie und vor den Commissarien der Académie des sciences zu Paris experimentirte, stand anfangs ganz auf Fowlers Seite, \*\*) entschied sich aber nachmals für die Gleichartigkeit der Stoffe. Galvani präparirte einen Frosch auf die oft beschriebene Art, so daß Rumpf und Schenkel nur durch die Ischiadischen Nerven zusammenhingen; jede Extremität lag in einem eigenen Glase voll Wasser, und ein Metallbogen verband sie. Bei jedermaliger Verbindung trat die Reizung heftig ein. \*\*\*)

\*) a. a. O. S. 66. und S. 161.

\*\*) *Bibliothèque de Turin* 1792. *Mars*. 268.

\*\*\*) Auch Aldini „Galvaniano enim Commentario perspicuum est (quod nos quoque saepe „experti sumus) ranae musculos nervosque „in vasis duobus aqua plenis demersos, ad motum metallicum arcu, indubiis fieri contractionibus. En muscularis contractio arcu

Der große Physiker in Pavia \*) konnte bei diesem Versuche nicht gleichgültig bleiben. Seine Theorie gründete sich auf die Berührung heterogener Stoffe und ein daraus entspringendes, gestörtes Gleichgewicht im elektrischen Strome. Diese Theorie stürzte ein, wenn Galvani's Versuche richtig angestellt waren. Herr Volta übernahm nun eine Arbeit, welche sein großes Talent über seine, fast unpalpable Gegenstände zu experimentiren in seinem schönsten Lichte zeigt. Sein erster Brief \*\*) an den Professor Vaffali enthält die Resultate dieser Arbeit. Er zeigt darin, daß Heterogenität der Metalle gar nicht auf dem Mischungsverhältnisse derselben, sondern eben so sehr auf ihrem Glanze, ihrer Gestalt, Oberfläche, relativer Trockenheit und Temperatur beruhet. Ich wage es nicht, einen Auszug aus dieser so beredt geschriebenen Abhandlung zu liefern, und hoffe, daß das treffliche Original selbst die Aufmerksamkeit jedes Physikers auf sich heften wird.

Ich sah Herrn Volta den größern Theil dieser feinen Versuche vor meinen Augen anstellen. Ein silberner Bogen, in die Gläser mit Wasser getaucht, brachte keine Muskelbewegung hervor. Ein Atom Seife, Pflanzenlaugenfalz, Säure, an das eine Ende

„uno, uno metallo comparata!“, *De Animal Electricitate Diss. duae* 1795. p. 4. Sonderbar, daß diese wichtige Schrift in Deutschland fast nur aus Citationen aus italienischen Journalen bekannt ist!

\*) Anfangs hielt er Heterogenität selbst für keine notwendige Bedingung. Volta's lett. to Mr. Cavallo in *Phil. transact.* p. 93. P. 1. p. 14.

\*\*) Gren's Neues Journ. B. 2. H. 2. S. 144.



des Bogens gestrichen, stellte sie augenblicklich dar. Beide Enden des Bogens wurden in den Saft von reifen Früchten der *Cornus mascula* L. getaucht. Der Stimulus blieb aus; das eine Ende ward abgewischt und in eine unreifere Frucht desselben Strauchs gestoßen; nun hielten (in dem Sinne der Hypothese gesprochen) der reife und unreife Saft am Metallbogen, sich nicht mehr im Gleichgewicht, und die Reizung erfolgte. Wie sehr mich diese Erscheinung in Erstaunen setzte, als ich sie zuerst sah, davon zeugt mein zweiter Brief über die Muskelfaser an Herrn Blumenbach \*)

Ich bin weit davon entfernt, die Thatfachen zu läugnen, welche Herr Volta dem Professor Vassali zu Turin meldet. Ich habe mich durch selbst wiederholte Versuche überzeugt, daß ein unwirkfamer Bogen dadurch wirksam wurde, daß sein eines Ende 12 Minuten lang in siedendes Wasser getaucht wurde. Es ist unwidersprechlich wahr, erst durch die Beobachtungen des großen Ticinischen Naturlehrers, erwiesen, daß

„Thiere, bei denen homogene Metalle  
 „keine Convulsionen erregen, diesel-  
 „ben sogleich erleiden, wenn die Me-  
 „talle durch die leiseste Abänderung  
 „des Mischungsverhältnisses, der Po-  
 „litur, Härte, Form, Temperatur, un-  
 „gleichartig gemacht werden“,

\*) Gren's Neues Journ. der Physik, B. 2. H. 4. S. 472.

Dieses ist das Resultat jener Versuche, wie mir scheint; nicht aber der Satz, den Herr Volta aufstellt:

„dafs, nur unter der Bedingung einer Ungleich-  
 „artigkeit in den Metallen, Muskularbewegun-  
 „gen erfolgen können.“

Folgt nach den Gesetzen der Logik daraus, dafs, weil tausend Frösche in dem Versuch Fig. 3. nicht eher zucken, als bis der thierische Leiter gegen einen metallenen verwechselt wird, dafs alle meine, im ersten Abschnitt entwickelten, mit so vieler Vorsicht angestellten Experimente vom Galvanismus ohne metallische Armatur falsch sind? Folgt daraus, dafs alle Physiker bisher nur bei kettenartiger Berührung der Excitatoren mit thierischen Organen Galvanische Erscheinungen bemerkten, dafs meine Entdeckung über den Metallreiz ohne Kette Täuschung war? Ein positiver, mit Bedacht angeordneter Versuch beweiset mehr, zehn negative. Daran sollte uns, mit jedem Athemzuge, eine nahrhafte Flüssigkeit erinnern, die einen Bestandtheil unserer Atmosphäre ausmacht, und deren Besitz man neuerlichst den Quecksilberkalchen ableugnen wollte! Dazu sehen wir ja in unsern Experimenten selbst den Grund, warum die positiven und negativen Fälle beide gleich wahr sind, neben einander bestehen können. Wir wissen, dafs in Fig. 9, wenn zwei Zinkplatten sich auf einander, *N* sich auf *M* bewegt, ein Stimulus hervorgelockt wird, ohne dafs das Ende *v* den Cruralnerven berührt; wir wissen, dafs

thierische Organe, welche nur in Fig. 8. \*) Contraktionen zeigen, dieselben auch in Fig. 9. erleiden, sobald ihre Erregbarkeit durch alkalische Auflösungen künstlich vermehrt wird. Da demnach alles auf die Stärke des Stimulus und der Erregbarkeit zugleich ankommt, so können negative Versuche nur dann apodiktisch entscheiden, wenn es möglich wäre, an eben so viel Thieren, als es denkbare Grade der Reizempfänglichkeit giebt, das Galvanische Experiment anzustellen. Johannes Aldini zu Bologna schien glücklich ein Mittel entdeckt zu haben, auf welchem die Zweifel des Ticinischen Physikers, durch unendlich sinnreich ausgedachte Instrumente, direct gehoben werden konnten. Er glaubte, seinem Arzte Galvani, \*\*) der ihn eben aus einer schmerzhaften Krankheit errettet hatte, kein schöneres Denkmal seiner Dankbarkeit setzen zu können, als dadurch, daß er die, gegen denselben gerichtete Theorie von der metallischen Elektricität durch Versuche zu widerlegen suchte. Er sah die Schwierigkeit ein \*\*\*) „*ex solidis metallis aliqua reperiri, quas difficilis chemicus omni ex parte homogenea fateatur,*“

\*) So undeutlich auch diese Art sich auszudrücken ist, so wähle ich sie doch, weil ein Blick auf die Figur den ganzen Apparat und Versuch ins Gedächtniß zurückruft, und ich so ermüdenden Beschreibungen entgehe.

\*\*) Aldini a. a. O. p. 4.

\*\*\*) Im Hause dieses großen Entdeckers wurden in den Jahren 1793. und 1794. öffentliche Versammlungen gehalten, in denen man über die thierische Elektricität und ihre Wirkungen disputirte.

und nahm daher zu einer metallischen Flüssigkeit, zum Queckfilber, seine Zuflucht. Die Vorrichtung zu Aldini's Versuchen ist am leichtesten auf seinen trefflichen Kupferplatten (Tab. 1. Fig. 1. 2. 3.) zu übersehen. Zwei flache Schalen von Glas stehen über einander, und sind durch eine senkrechte Röhre verbunden, welche gleichsam den Fuß der obern Schale ausmacht. Der Cruralnerv eines Frosches wird in diese, der Schenkelmuskel in das untere Gefäß getaucht. Indem nun Queckfilber durch die geöffnete Röhre aus dem obern in das untere herabfließt, so erfolgen lebhaftere Bewegungen. Das Queckfilber bildet hier gleichsam einen leitenden Bogen zwischen Nerv und Muskel.

„*An forte (wendet Aldini selbst ein) dilabens mercurius a vitreis, in quos offendit, parietibus electricitatem extricat, quemadmodum superior barometri pars, vel levi facta oscillatione hydrargyri, splendida illico electrica luce corruscat? qui id metuat, vitreis adhibitis vasis, lignea sufficiat, agnoscatque statim se ea de re temere dubitasse.*“

Um in diesen Versuchen das Eintauchen des Rückenmarks in das Queckfilber zu erleichtern, und zwar so, daß die Medulla von allen Seiten in Contact mit der metallischen Flüssigkeit sey, erfand Herr Aldini einen Heber mit einer sehr engen und einer wohl sechsfach weitem Röhre. Die Ränder der letzteren waren nach innen umgekrempt (Fig. 15.) und bildeten gleichsam einen Trichter, dessen Bodenöffnung mit einem Stöpsel verschlossen wurde. Dieser Trichter empfing die Schenkel, der Siphonarm aber das Rückenmark des Thieres.

Das Quecksilber wurde durch diesen eingegossen, und als es bei geöffnetem Trichter in diesen stieg und die Schenkel berührte, erfolgten die convulsivischen Bewegungen. Dafs dieselben keine Folge eines mechanischen Reizes sind, nicht durch den Stofs des Quecksilbers gegen den Nerv entstehen, wird \*) durch mannigfaltige Gegenversuche erwiesen. Um endlich den homogenen Conductor in seiner ganzen Einfachheit darzustellen, läfst man die untern Extremitäten eines Frosches in einem Gefäfse mit Quecksilber schwimmen. Die Galvanischen Erscheinungen stellen sich sogleich ein, als man die Medulla spinalis, welche sammt den Ischiadnerven an einem trocknen Faden in die Höhe gehalten werden, auf das flüssige Metall leise herabfenkt. Eben dies glückt an den Nerven warmblütiger Thiere, \*\*) an Hünern

\*) a. a. O. p. 7.

\*\*) "Cum experimenta haec Galvaniano, cujus. "consilium, saepissime audiebam, observanda, ac perpendenda exhiberem, doluit ipse "in solis raris fuisse eadem instituta, hortatusque est, ut ad calidi sanguinis animantia "traducerem. Amicissimae autem querelae "dehuit statim poenas luere. Nam cum ejus "generis experimentorum peritus professor "esset diligendus, ad Galvanium ipsum confugi, illud nempe ratus, *animalem electricitatem sui quodammodo parentis adspectum veritam, ab "eodemque pertractatam facilius prodituram. (!)* "Itaque dissectum aut pulli aut agni crus manu verticali positu sustineo, sic quidem ut "nudati muscoli cum hydrargyro communicent, evehaque cruralem nervum, armatura nullam munitum, ut relictus sibi mercurii "libellam attingat pro voluntate: id dum fit

und Schafen. Aus diesen Versuchen zog Herr Aldini den Schluss (l. c. p. 17.) „*nihil oportere diffi-*  
*„nulla in gignendis contractionibus metalla usurpare, unum*  
*„satis esse; id argentum, atque praesertim aurum in ro-*  
*„bustioribus animantibus praestare. Si quid,* setzt er hin-  
 zu, *in solidis metallis heterogeneitatis suspicio supersit,*  
*„avertitur facile, si fluido metallo, nempe chemicis artifi-*  
*„ciis expurgato hydrargyro utaris.,*

Allen diesen schönen, so mannigfaltig abgeän-  
 derten Versuchen setzt Herr Volta entgegen, „dass  
 „sie nur den verführen können, der ihnen nicht auf  
 „den Grund geht, der nicht selbst Verstand und  
 „Hände ans Werk legt., Von dem Princip aus-  
 gehend, dass darum, weil viele Individuen nur  
 von heterogenen Metallen gereizt werden, keines  
 durch gleichartige Contractionen leiden könne, läug-  
 net er die Thatfachen, welche Aldini aufstellt,  
 versichert, dass alle Phänomene des Galvanismus  
 sich auf das einzige Gesetz der Heterogeneität reduci-  
 ren lassen, „und dass darüber nun nichts mehr zu  
 „sagen übrig wäre., Er wendet gegen die Versuche  
 mit Queckfilber ein: 1) dass die Chemie einen grossen  
 Unterschied zwischen der Oberfläche einer Queck-  
 filbermasse und ihrem Innern finde, dass jene durch  
 die Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs einen  
 Anfang der Calcination leide, und dass Aldini's  
 Bogen daher (da die thierischen Organe ungleich  
 eingetaucht wurden) nur scheinbar homogen war;

„*tremores, contractionesque in crure uni-*  
*„verso vehementes conspicio.” Aldini l. c.*  
 p. 6.

2) dafs in Aldini's Versuchen vom Queckfilber ein Stofs ausgeübt werde, und dafs, wenn dieser Stofs an beiden Enden des Bogens nicht gleich sey, schon darin eine Urfach der Ungleichartigkeit liege, weil die Elektricität dadurch ungleich frei gemacht, der einen Metallmasse ein Uebergewicht über die andere (als Antagonisten) ertheilt würde.\*)

\*) Hier des großen Mannes eigene Worte: "Ueber Aldini's Erfahrungen mit Queckfilber, auf die er sich besonders viel zu gute thut, da er dies Metall im Zustand seiner Reinigkeit von aller Ungleichartigkeit freispricht, muß ich noch etwas hinzusetzen. Ich sage nemlich, dafs der schwierige Chemist, den Aldini auffordert, zwischen den Theilen eben dieses rectificirten Queckfilbers mit allen Hülfsmitteln der Kunst einen Unterschied zu finden, ihn allerdings findet, und zwar einen sehr großen, zwischen den innern und den oberflächlichen Theilen desselben; die letztern erleiden an der Luft einen Anfang der Calcination, besonders wenn sie geschüttelt werden. Welch Wunder daher, dafs Muskularzusammenziehungen erfolgen, wenn die Schenkel des präparirten Frosches blos die Oberfläche des Queckfilbers berühren, und ein Stück des Rückgrades tiefer in der Masse des Queckfilbers liegt, wie es in den hier beschriebenen Versuchen der Fall ist; und wenn der erwähnte Unterschied des Zustandes des Queckfilbers an beiden Stellen statt findet? Das Queckfilber, welches Aldini als das sicherste angiebt, ist noch verdächtiger und unsicherer, als zwei Stücke Blei, die von einem Streifen genommen sind. — Ich muß aber auch eine andere Exception gegen seine Versuche erheben, und hier noch eine nothwendige Rücksicht in Ansehung des Contacts anführen. Die Armaturen von einem und demselben Metalle, die einander so viel als möglich ähnlich sind, müssen auch auf einerlei Art angebracht werden, wenn wir in Ansehung der Nerven und Muskeln, die ihre größte Empfänglichkeit haben, sicher seyn wollen. Wenn dieses nun in den Erfahrungen, die man mir entgegengesetzt, nicht beob-

Der Ticinische Physiker setzte also den That-  
sachen des Herrn Aldini rationale Zweifel entgegen. Es würde nicht schwer seyn, auch diese mit neuen Muthmaßungen zu beantworten; da es mir aber einfacher schien, Facta so lange durch Facta zu prüfen, als der Streit Gegenstände des äußern Sinnes betrifft, so sann ich alsbald auf Versuche, welche jene Zweifel heben könnten. Meine Vorrichtung war diese: Ich reinigte Quecksilber so viel, als es die Lehrbücher der praktischen Chemie angeben. Es hatte die Destillation, häufiges Durchpressen durch Leder, und Waschen mit Seifenwasser, Weinessig und Alkohol erlitten. Es hatte alle Kennzeichen, welche man von einem reinen, mit Blei, Zinn, Wismuth, Staub und Fett nicht vermengten Quecksilber angiebt. Es war vollkommen flüssig, liefs sich in vollkommen runde Kügelchen zertheilen, ohne anzuhängen, oder Schmutz zurück zu lassen. Seine Oberfläche war spiegelhell, ohne Häut-

achtet worden ist, wenn dabei keine solche Gleichheit; auch in dieser Rücksicht gewesen ist, so kann ich immer sagen, daß eines von den beiden Metallstücken durch die solchergestalt verschiedene Art der Applicirung über das andere das Uebergewicht gehabt habe, wenn sie auch von einerlei Art und im übrigen gleich waren. Vor allen Dingen muß man jeden Stoß vermeiden, der keinen geringen Einfluß haben und dem einen Metalle ein größeres Vermögen, das elektrische Fluidum in Bewegung zu setzen, ertheilen kann, wodurch es seinem Antagonisten überlegen wird. Aber eben dieser Stoß hat bei den, in dem neuen Werke erwähnten Versuchen statt, wie man aus den Figuren und der Beschreibung sehen kann." Gren's Neues Journ. B. 2. H. 2. S. 159. (Note).



chen, odér eine Spur von farbigen Striemen. Kleine Quantitäten davon im Mörfér mit Waffér gerieben, gaben dem Waffér keine Farbe. In Salpeterfäure ohne merkliches Braufen aufgelöset, hinterliessen sie keinen schmutzigen Niederschlag. Ein großer Theil dieses gereinigten Queckfilbers wurde in drei verschiedene porzellanene Schalen gegoffen. Ich rai-sonnirte nemlich so: mit jeder Berührung der metallischen Oberfläche durch thierische Theile wird dieselbe nothwendig verunreinigt. Diese, auch noch so schwache, Verunreinigung könnte als eine Ursach der Heterogenität angegeben werden, und in einer Schale könnte also nur ein Versuch, und zwar nur der erste, gültig seyn, um Herrn Volta's Zweifel zu heben.

Ich präparirte nun mehrere Froschschenkel dergestalt, daß der Cruralnerv und ein Bündel Wadenmuskel zu gleicher Länge herabhingen, wenn die Extremität in wagrechter Stellung lag. Eine Glasröhre *a b* (Fig. 16.) wurde über der Schale mit Queckfilber horizontal befestigt, und um dieselbe waren zwei seidene Fäden gewickelt, in denen der Schenkel \*) schwebte, dergestalt, daß nach Willkühr der Nerv *m*, oder der Muskelbündel *n*, tiefer niedergefenkt werden konnte. Ich ließe nun den ganzen Schenkel wagrecht, bis auf zwei Linien Entfernung, gegen die Schale herab, dann verlängerte ich blos den Faden *o*, so daß der Nerv die metallische Ober-

\*) Es bedarf keiner Erinnerung, daß der Schenkel von Blut so gereinigt seyn muß, daß kein Tröpfchen desselben auf's Metall herabträufelt.

fläche berührte. Es entstand keine Zuckung. Kaum kam aber auch *n*, durch die Verlängerung von *p* in Contact, so war die ganze Extremität convulsivisch erschüttert. Dieser Versuch wurde behutsam in den andern zwei Schalen wiederholt, und mit gleichem Erfolge. Es war besonders auffallend, daß die Muskelbewegung heftiger war, wenn erst *n*, und dann *m*, als umgekehrt, das Queckfilber berührte. Die Berührung geschah aber zu beiden Seiten bloß in der Oberfläche; kein thierischer Theil wurde eingetaucht, und das Herabsenken geschah so leise, daß jener Verdacht des Stosses, den Herrn Aldini's Versuche mit Siphonen und herablaufendem Queckfilber billig erregten, hierbei ganz wegfiel. Ja! was noch mehr für meine Behauptung entscheidet: ich legte einmal (bei einem sehr lebhaften Individuum) zwei homogene Stücke feuchtes Muskelfleisch in *r* und *s* auf das metallische Fluidum. Sie bildeten kleine Säulen von 1 — 1½ Linien Höhe. Indem nun der Schenkel sich ihnen so näherte, daß der Contact bei dem Nerv anfieng, so war der Stimulus zu schwach, und es erfolgte keine sichtbare Bewegung. Ward aber der, aus dem Waden herauspräparirte Muskelbündel zuerst gegen *s* herabgesenkt, und traf dann erst *m* die Säule in *r*, so ward der Schenkel kräftig erschüttert. Bedeckten hingegen in *r* und *s* zwei Streifen trocknes Papier das Queckfilber, so fehlten alle Galvanische Erscheinungen, *m* und *n* mochten noch so heftig zum Contact niedergelassen werden. Wenn die thierischen Organe in unmittelbare Berührung mit dem Queckfilber treten, so gehört gar

kein hoher Grad der Empfänglichkeit dazu, um Reizungen zu erregen. Dies beweisen meine vielfältigen Erfahrungen darüber, und das Zeugniß mehrerer Personen, welchen ich diese Versuche zeigte. Wenn ich den Contact der muskulösen Fibern dadurch vermehrte, daß ich entweder  $n$  an dem untern Ende sehr breit präparirte, oder gar (Fig. 17.) den Schenkel bei den Zehen anfasste und den Cruralnerv sammt einem Theil der Lende einfenkte, so mißglückte mir der Versuch bisher auch nicht ein einziges mal, ja ich konnte ihn meist 15 bis 18 Minuten lang fortsetzen. — Ich bitte nun einen jeden unparteiischen Richter, zwischen Herrn Volta und mir zu entscheiden. Ich ging mit Mißtrauen an diese Versuche, weil es mir gewagt schien, einen solchen Experimentator zu widerlegen. Aber wo bleibt hier der Verdacht der Heterogeneität des Metalls, des ungleichen Einfenkens, des ungleichen Stosses der Theile? Der Versuch glückt mir immer schon beim ersten Einfenken, glückte in allen Puncten. Erlauben nun wohl die Regeln, nach denen wir bei andern physikalischen Erscheinungen schliessen, jedes chemisch gereinigte Quecksilber in allen Puncten für ungleichartig zu halten?

Ich füge zu diesen einfachen, wie mich dünkt, stringenter beweisenden Experimenten mit homogenen Metallen andere hinzu, welche verwickelter und eben darum weniger entscheidend sind. Ohne jene würde ich diese weggelassen haben; nach jenen aber dienen sie dazu, um zu zeigen, wie sich alles

auf ein allgemeines Gesetz reduciren läßt. — Der Cruralnerv einer Maus, die sehr lebhaft war, erregte heftige Zuckungen, wenn er mit einer isolirenden Pincette in die Höhe gehalten wurde, und dann sank, etwa 3 Linien hoch, auf eine Zinkplatte herab. \*) Ich glaubte anfangs, die mechanische Erschütterung sey die Ursach davon. Ich belegte den Zink mit Glas oder Papier, ich warf den Nerv mit ziemlicher Kraft gegen Silber oder Blei, aber die Reizung erfolgte nicht. Eine ganz ähnliche Erscheinung bot mir der Nervus ischiadicus eines Frosches dar. Sie dauerte an 5 Minuten, und aus allen Gegenversuchen war nur zu schliessen, daß der Nerv in mehreren Puncten berührt werde, und daß zwischen diesen der homogene Zink gleichsam den Conductor machte, eben so, als wie bei heterogenen Metallen sich zwei an einem Nerven angebrachte Armaturen berühren. Im Jahr 1794 hatte ich vor Posen an einem kühlen, etwas feuchten Frühlingsmorgen, an dem alle Thiere sehr reizempfindlich zu seyn pflegen, eine Eidexe (*Lacerta agilis*) gefangen. Ich präparirte den Nervus radialis der vordern Extremität. Er lag auf Glas. Ich berührte nun den Muskel mit dem bloßen, trock-

\*) Dieser Versuch könnte den Zweifel erregen, ob nicht auf ähnliche Weise oben (Fig. 9.) durch die Erschütterung von M eine Leitung von einem Theile des Nerven in den andern entstanden sey, wodurch der Begriff von Reizung ohne Kette entfernt würde. Aber ich erinnere, daß die Ursach der Reizung dort nicht Erschütterung war. Der Versuch gelang in Fig. 10. nie, wenn N mit Knochen, Stein oder andern nicht excitirenden Stoffen verwechselt ward.

nen Finger der rechten Hand, den Nerv aber mit einer silbernen Pincette, die ich in der linken hielt. \*) Die Convulsionen waren heftig, besonders wenn der Contact mit dem Finger am Muskel zuerst geschah. Eben dieser Versuch glückte mir in diesem Jahre mehrmals an Fröschen, und es war gleichgültig, ob ich die Pincette mit Zink, Blei, oder einer Goldmünze verwechselte. Die Zuckung ging dennoch (Fig. 18.) durch die thierischen Theile meiner Hand, vom rechten Arme in den linken, und von da, durch das Metall *r*, in den Nerv. Die Contractionen waren stark oder schwach, nach dem specifiken Unterschiede der Metalle, zum Beispiel bei Zink stärker, als bei Blei, oder Eisen. Bei einer stark legirten Silbermünze, die ich auf den Schenkel legte, und mit dem reinen Silber *r* berührte, bemerkte ich aber keine Verstärkung des Effects. Die homogene Armatur schien, bei diesem Grade der Erregbarkeit, wie die heterogene zu wirken.

Eben so bemerkte ich mehrmals Contractionen, wenn (Fig. 19.) ein Nerv *m*, dessen Reizempfänglichkeit durch alkalische Solutionen erhöht war, auf Zink *p* lag, und dieser *p* in irgend einem Punkte durch ein Stück frisches Muskelfleisch, oder einen getrennten Nerven *n*, mit dem Schenkel verbunden ward. Sie waren vollkommen so stark, als bei zwei

Arma-

\*) Einen ähnlichen Fall beobachtete Herr Gren in dem interessanten Aufsatze: Journ. der Physik B. 6. H. 3. S. 404. und Valli a. a. O. S. 176. Herr Pfaff hat daher unrecht, wenn er diese Erscheinungen leugnet, a. a. O. S. 338.

Armaturen von Zink und Silber, verschwanden aber augenblicklich, wenn *p* mit einem Goldstücke verwechselt, oder statt *p* (Fig. 20.) zwei sehr verschieden legirte, auf einander liegende Silbermünzen *q* und *r* (zum Beispiel Conventionsgeld und preussische Groschen) als Nervenbelegung genommen wurden. Dieser letztere Umstand, welchen ich dreimal an verschiedenen Individuen beobachtete, scheint sehr für die specifische Wirkung homogener Metalle zuzeugen. In Bern secirte ich einen Frosch, dessen Erregbarkeit durch kein chemisches Mittel verändert war. Ich theilte den präparirten Cruralnerv in zwei Stücke, legte den noch in dem Muskel inserirten *a* auf Zink, und berührte dann diesen und den Zink mit dem getrennten Nervenstück *b*. Wo ich *b* an das Metall herauschob, und war es auch nur (Fig. 22.) in der Entfernung einer achtheil Linie von *a*, erfolgten die Galvanischen Erscheinungen. Ja, im Fall von (Fig. 19.) kann das leitende Stück ganz entbehrt werden. Die Convulsion entsteht schon, indem man den Schenkel mit einer trockenen Glasröhre (Fig. 21.) in der Gegend von *c* an den Zink heran schiebt. Dann bildet *p* eben so, als das Queckfilber in Fig. 16. einen Bogen zwischen Nerv und Muskel. Dann frage ich mit Aldini: „*quod si arcum in suis variis* „*partibus scrutatus heterogeneum suspiceris, quid causae* „*est, cur perpetua dubitatione heterogeneos accusas reli-* „*quos innumeros, quibus eadem excitari contractio pote-* „*rat?*„

Ich schliesse diesen Abschnitt über homogene Leitung mit einem Versuche, welcher ungemein auf:

fallend ist. Ich hatte zwei Frösche, deren Schenkel mit Zink und Silber nur schwache Contractionen äußerten. Ich benetzte ihre Cruralnerven theils mit *oleum tartari per deliquium*, theils mit überfaurer Kochsalzfäure. Sie zuckten zu meiner Verwunderung gar nicht, wenn die Muskelarmatur von Silber die Nervenarmatur von Gold berührte. Ich zerbrach nun eine Stange wohlgereinigten Zink, legte den Nerv auf die eine Hälfte *p*, und verband durch die andere Hälfte den Schenkel und dies *p*. Es entstanden lebhaftere Convulsionen im Augenblick des Contacts. Dieselbe Erscheinung zeigten drei Schenkel mehrere Minuten lang. Darf man wohl annehmen, daß zwei Hälften einer Zinkstange heterogener als Gold und Silber sind?

Es giebt der Fälle so viele in der Physik und Chemie, wo Versuche gegen Versuche kämpfen, und wo der bedächtige, mit seinem Beifall nicht verschwenderische Zuschauer, doch unentschieden und mißmuthig den Kampfplatz verläßt. Die Gleichartigkeit der excitirenden Stoffe gehörte bisher zu diesen streitigen Objecten. Möchte ich mir mit der Gewissheit schmeicheln dürfen, durch meine angeführten Beobachtungen auf reine Resultate geleitet zu haben. Ich sehe neuen Zweifeln auch über meine Experimente (selbst über das in F. 12. a) entgegen. Aber es scheint mir schon immer viel gewonnen zu seyn, die äthern entfernt zu haben. Mögen wir nur nie vergessen, daß wir innerhalb der Grenzen menschlicher Wahrnehmung bleiben müssen; mögen wir nie die ungerechte Forderung an uns selbst hegen, eine meta-

physische Einerleiheit der Qualität apodiktisch erweisen zu sollen.

## Vierter Abschnitt.

**Zustand erhöhter Erregbarkeit** — Leitung durch homogene Excitatoren in fünf verschiedenen Fällen. — Zustand minderer Reizempfänglichkeit der Organe — **Heterogene Armaturen**, welche sich unmittelbar, oder durch excitirende Zwischenglieder berühren — Kette von homogenen Nerv- und Muskelarmaturen, zwischen denen ein heterogenes Metall liegt, dessen eine Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist — Hauchversuch — Erweis, daß thierische Stoffe aus der Entfernung wirken — Unsichtbare leitende Atmosphäre — Ihre Grenzen werden durch die Lebenskraft bestimmt.

I. Wenn heterogene Metalle, oder kohlenstoffhaltige Substanzen im Zustand der erhöhten Erregbarkeit, Galvanische Erscheinungen hervorbringen sollen, so ist es hinlänglich, daß in der langen Kette leitender Körper zwischen der sensiblen und irritablen Faser irgendwo zwei ungleichartige Excitatoren vorkommen. Ich sage mit Bedacht: irgendwo; denn zahllose Experimente, oft selbst an wenig lebhaften Ratten, Vögeln, Fröschen und Eidexen haben mich belehrt, daß die Reizung erfolgt, die silberne Pincette *s* (Fig. 8.) mag den Zink unmittelbar berühren, oder es mag (Fig. 1.) zwischen dem Nerv und Muskelreizer noch eine feuchte, leitende Substanz *a* liegen. Ja, ich habe bei einigen Individuen die



Zuckungen, im letztern Fall, bisweilen nicht eher erfolgen sehen, als bis die Reizempfänglichkeit durch alkalische Solutionen erhöht war. Die Kette Fig. 1. war also bei natürlich hoher oder künstlich erhöhter Erregbarkeit constant positiv. \*)

Ich erstaune, daß den Herren Volta, \*\*) Fowler, \*\*\*) Valli †) und Schmuk ††) diese Beobachtungen entgingen; noch mehr darüber, daß Herr Pfaff den großen Bologner Entdecker gar eines Irrthums öffentlich zeihet, weil dieser sah, was jenem entging.

„Meinen wiederholten Erfahrungen nach, „sagt Herr Pfaff ausdrücklich, †††) „kann ich Galvani's Behauptung, wie wenn eine Leitung von der „Muskelarmatur zur Nervenarmatur durch frische „thierische Theile Zuckungen zu erregen im Stande „wäre, als Irrthum erklären. Unmittelbare Berüh-

\*) Dahin gehört die Beobachtung, welche Herr Galvani gleich in den ersten Tagen nach der bekannten Entdeckung am Gartengeländer anstellte. "Während daß "er mit einer Hand das präparirte Thier an dem Haken "so hielt, daß es mit den Füßen den Boden eines kleinen silbernen Beckens berührte, kam er mit der andern "Hand auf die Fläche, worauf die Füße des Thieres lagen, "ohne darauf Acht zu geben; es entstanden heftige "Zuckungen, die sich erneuerten, so oft er dieselben "Bewegungen machte." Gren's Journ. B. 6. H. 3. S. 378.

\*\*) Schriften über thierische Electricität S. 11.

\*\*\*) *Experiments* a. a. O. S. 4.

†) a. a. O. S. 48.

††) Beiträge zur nähern Kenntniß der thierischen Electricität. Mannheim 1792. S. 43.

†††) a. a. O. S. 55. und 207.

„rung der Armaturen unter einander, oder Verbin-  
 „dung durch einen Excitator wird zur Erregung  
 „der Erscheinungen nothwendig erfordert. Verbin-  
 „dung derselben durch blofse Conductoren der thie-  
 „rischen Electricität schließt dieselbe aus.,, Diese  
 Behauptung ist so grundlos, daß es mir einmal  
 bei einem sehr lebhaften Frosche glückte, in Fig. 1.  
 das Muskelfleisch *a* über  $\frac{1}{2}$  Zoll hoch aufzuthürmen  
 und doch Contractionen zu erregen, indem die Pin-  
 cette diesen Haufen berührte. Eine Substanz kann  
 daher ein wirkfames Zwischenglied zwischen dem  
 Nerv und Muskelreizer seyn, ohne für sich in die  
 Classe der sogenannten Excitatoren zu gehören.  
 Mangelhaft abgeänderte Versuche haben daher Herrn  
 Pfaff zu einem unrichtigen Kriterium verführt,  
 wenn er sagt: „es ist ein leichtes und sicheres Mittel,  
 „zu erfahren, ob ein Körper sich als Excitator für  
 „die thierische Electricität verhalte, oder nicht, wenn  
 „man beobachtet, ob er bei der Anwendung einer  
 „wirkfamen Muskulararmatur lebhafte Zuckungen als  
 „Verbindungsglied zwischen dieser und der Nerven-  
 „armatur erregen wird.,, Es ist mir nie geglückt,  
 in Fig. 3, bei den erregbarsten Organen, mit nassem  
 Tuche wirksam zu reizen; aber ich habe oft in Fig. 1.  
 das *a* mit nassem Tuche, Zwirne und Leder ver-  
 tauscht, ohne die Galvanischen Erscheinungen aus-  
 zuschließen! Nimmt man hingegen alle feuchte Stoffe,  
 sammt den Metallen als Excitatoren an, so bedarf es  
 keines Mittels, diese von den Leitern zu unterscheiden.

Die Contractionen erfolgen demnach im Zustan-  
 de großer Reizempfänglichkeit:

wenn heterogene Metalle Nerv und Muskel bewaffnen, und sich unmittelbar, oder mittels eines feuchten leitenden Körpers berühren;

wenn homogene Metalle am Nerv und Muskel liegen, beide aber durch ein heterogenes Metall verbunden sind; wenn (Fig. 23.) homogene Metalle *a* und *b* den Nerv und Muskel bewaffnen, beide aber mittels zweier feuchten Substanzen *c* und *d* mit einem heterogenen Metalle *e* verbunden sind;

wenn in der Kette (Fig. 24.) zwischen Nerv und Muskel mehrere Metalle *a*, *c*, *e*, *g*, *k*, mit Stücken Muskelfleisch *b*, *d*, *f*, *h*, abwechseln und unter allen Metallen nur ein homogenes *e* ist;

wenn in allen genannten Fällen Nerv und Muskel nur mittels einer feuchten leitenden Substanz mit der Armatur in Verbindung sind.

Die Aufzählung dieser fünf Hauptfälle, welche nach den Regeln der Combination noch mannigfaltig abgeändert werden könnten, gründet sich auf eine Reihe sorgfältig angestellter Versuche. Ich hatte bei meinem ersten Aufenthalte zu Bern das Vergnügen, die meisten derselben dem scharffinnigen Physiker, Herrn Tralles zu zeigen, und ihn von den Widersprüchen zu überführen, welche zwischen diesen Erfahrungen und der Theorie vom zerstörten elektrischen Gleichgewichte obwalten. Der dritte

Fall Fig. 23, wo das einzige heterogene Metall mit zwei gleichartigen thierischen Stoffen auf beiden Flächen belegt ist, war der genauesten Ausmittlung werth, da er nach der Voltaischen Hypothese schlechterdings keine Contractionen erregen sollte. Ich habe ihn aber mehrmals bei sehr lebhaften Individuen, im November des verflossenen Jahres, als positiv erfunden. Die Nervenarmatur *a* war Silber, eben so die Pincette *b*. Die Stücke *d* und *c* waren Hälften einer gewiss homogenen Froschleber. Die Zuckungen erfolgten, ohne daß das Zinkplättchen *e* weder mit *a*, noch *b* in Contact trat. Noch mehr! Ich wollte meinem Freunde, Herrn Freiesleben dieses Cardinalexperiment zeigen. Der Schenkel war lebhaft genug, um gereizt zu werden, als *b* das Gold *e* unmittelbar berührte, aber nicht als zwischen *e* und die Muskelarmatur noch der leitende Körper *d* trat. Ich vermehrte nun die Erregbarkeit des Organs, und benetzte den Nerv mit einigen Tropfen Oleum tartari per deliquium. In wenigen Secunden äusserte sich der Stimulus in sichtbaren Muskularbewegungen. Ich träufelte etwas Salzsäure auf die sensible Fiber, das Alkali wurde gebunden, die Erregbarkeit war herabgestimmt, und nun — nun traten die Galvanischen Erscheinungen nur unter der Bedingung ein, daß *b* und *e* sich ohne Zwischenmittel berührten!

So hängt im wandelbaren thierischen Stoffe alles von der Erregbarkeit der Fiber ab. Ein Stimulus zaubert gleichsam die mannigfaltigsten Erscheinungen hervor. Was uns heute erschüttert, läßt

uns morgen unerregt. Hüten wir uns daher, aus nicht erfolgter Reizung auf die Abwesenheit des Reizes zu schliessen. Dürfen wir glauben, dass der Alkor bei der Helle des Tages weniger Licht auf unsern Erdball sende, als im Dunkel der Nacht, weil unser Auge in dieser des Eindrucks empfänglicher, als in jener ist?

II. Wenn sich die belebten Organe im Zustande minderer, wenigstens nicht erhöhter Erregbarkeit befinden, so erfordern sie einen heftigen Reiz, um Muskularbewegungen zu zeigen. Alle vorgenannte Fälle, in denen blos thierische Stoffe, oder homogene Metalle, oder heterogene ohne Kette applicirt werden, schliessen dieselben aus. Die Galvanischen Erscheinungen erfolgen dann nur unter den zwei Hauptbedingungen, dass 1) heterogene Muskel- und Nervenarmaturen sich unmittelbar, oder durch excitirende Zwischenglieder berühren, und 2) dass homogene Muskel- und Nervenreizer mittels eines heterogenen Metalls verbunden sind, dessen eine Fläche nur mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist. Die erste Bedingung ist Fig. 8. dargestellt, und hier der einfachste und am frühesten beobachtete Fall. Herr Galvani steckte metallene Haken in die Spina dorfi der Thiere, und drückte sie entweder gegen metallene Flächen, oder verband den Haken mittels metallener Bogen mit den Extremitäten, die er reizen wollte. Herr Crève umwickelte den Nerv mit Stanniol und bewegte ihn nun dergestalt auf einer Silbermünze, dass

auch diese den Nerven mit berührte. \*) Herr Achard, \*\*) der die mannigfaltigsten Versuche über den Galvanismus anstellte, welche leider! (so wie die der Herren Sömmering, Blumenbach, Herz, Kielmeyer und Ash) dem Publicum noch nicht öffentlich mitgetheilt worden sind, Herr Achard bediente sich dünner, silberner Pincetten und Metallplättchen von 4 — 6 Quadratzollen, welche auf Glas liegen. Sein Apparat ist auch zu den Voltaischen Zungenversuchen sehr bequem, und die Pincetten gewinnen dadurch, daß man ihren einen Schenkel in eine breitgedrückte Kugel endigen läßt, um dem Muskel mehr Fläche darzubieten. Herr Volta zeigte mir Galvanische Stangenzirkel von einer merkwürdigen Construction. Der eine Fuß war von Silber und fest, der andere beweglich, so daß er herausgenommen und Metallplättchen an seine Stelle eingeschoben werden konnten. Er bildete gleichsam einen Entlader, dessen eines Ende aus Silber, das andere willkürlich bald aus diesem, bald aus jenem Metalle bestand. Alle diese Vorrichtungen unterscheiden sich nur dadurch von ein-

\*) Diese Mitberührung ist wesentlich nothwendig, und die Crevische Applicationsmethode daher unrichtig beschrieben in Gren's Journ. B. 7. S. 323.

\*\*) Dieser genievolle, oft verkannte Physiker, welcher ein Priestleysches Talent im Erfinden von Experimenten besitzt, hat die reinsten Metallkönige bereitet, mit welchen je galvanisirt worden ist. Von ihm sind daher auch über relative Excitationskraft der Metalle die einzigen genauen Versuche zu erwarten. Er hat der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin mehrere Abhandlungen über diesen wichtigen Gegenstand im Jahr 1793. vorgelegt.

ander, daß Muskel- und Nervenarmatur in einigen fest mit einander verbunden sind, in andern auf einander bewegt werden können. Sie reduciren sich indeß alle auf das durch Fig. 8. ausgedrückte Gesetz.

Die Muskularbewegungen erfolgen nicht minder, wenn *r*, *u*, *t* sich nicht unmittelbar berühren, sondern durch andere excitirende Stoffe, Gold, Blei und Eisen verbunden sind. Wie es aber im Zustande der erhöhten Reizbarkeit zur Erregung der Contractionen gar nicht erforderlich ist, daß in der Kette zwischen den irritablen und sensiblen Organen zwei excitirende Substanzen in unmittelbarer Berührung mit einander sind, so ist es bei minderer Reizempfänglichkeit nothwendig, daß diese Bedingung erfüllt werde. Ich habe mehrmals beobachtet, daß, (Fig. 25.) wenn das Muskelfleisch *b* auf dem Zinke *a* lag, der Contact der silbernen Pincette *k* mit *b* keine Reizung hervorbrachte. Kaum legte ich auf *b* noch ein Metallplättchen *c* (sey es Silber, Gold, oder Blei) und berührte dies mittels *k*, so waren alle Galvanische Erscheinungen hervorgerufen. Eben dieses bemerkte ich in dem zusammengesetzten Falle Fig. 26. Der Nerv war mit Zink *a*, der Muskel mit Silber *e* armirt. Auf *a* legte ich mit abwechselnden Schichten Gold *a* und Muskelfleisch *b* und *d*, auf *e* eben so das Metall *g* und die feuchten Theile *f* und *p*. Die silberne Pincette *k* verband nun *d* und *h*, — aber ohne Erfolg. Das Galvanisiren glückte nicht eher, als bis auf *d*, oder *h* (Fig. 27.) noch ein Metallplättchen *m* ruhte, und dies *m* mit *k* in Contact trat.

Die unmittelbare Berührung zweier Metalle muß aber heterogene, nichthomogene, Metalle treffen. Ich habe zum Beispiel häufig Zuckungen erregt, wenn in Fig. 25. *a* und *c* von Gold, *k* aber von Silber war. Legte ich hingegen (Fig. 28.) dies Goldstück *c* unter *b*, so daß Gold auf Gold ruhte, so blieben die Contractionen aus. Man glaube nicht, daß dieses Ausbleiben dann davon herrühre, daß bei solcher Application der Excitatoren *a* und *c* nicht erschüttert werden, indem sich die Kette *a, c, b, k, l* schließt. Zwar habe ich es durch mannigfaltige Versuche bestätigt gefunden, daß bei sehr matten Thieren, im Zustande der deprimirten Lebenskraft, Erschütterung der Metalle allerdings wirksam ist. Diese Urfach tritt aber hier nicht ein. Denn die Reizung entstand sogleich, als ich statt *c* eine Silbermünze auf *a* legte. Ist aber, wie vorhin, *c* und *a* Gold, so sind beide Metalle wegen des Contacts als ein einziger zu betrachten, und der Fall Fig. 28. reducirt sich auf den Fig. 1., der nur bei hoher Reizempfindlichkeit positiv ist.

In abwechselnden Ketten von Excitatoren und bloßen Leitern erfolgen demnach im Zustande minderer Erregbarkeit der Organe, die Contractionen, wenn eines der metallischen Zwischenglieder nur auf einer Fläche mit einem Leiter in Berührung ist. Nach diesem untrüglichen Gesetze ist in verwickelten Fällen, wie Fig. 24. 26. 27. und 28. der Erfolg, das Gelingen und Nichtgelingen des Versuchs, sicher vorher zu bestimmen.



Ueberaus merkwürdig ist der Umstand, daß wenn die Nerven- und Muskelarmatur sich mittels anderer Metalle berühren, die Stärke der Contractionen von dem Verhältnisse der Excitatoren abzuhängen scheint, welche den thierischen am nächsten sind. Armaturen von Gold und Silber wirken sehr schwach, Gold und Eisen hingegen bringen lebhaftere Bewegungen hervor.

Ich hatte (Fig. 29.) den Nerv auf Gold *g* gelegt, welches mit Silber *s* in Contact war. Verband ich den Schenkelmuskel durch Eisen *e* mit *s*, so war die Reizung eben so heftig, als wenn *e* das Gold unmittelbar traf. An einem andern Schenkel war die Erregbarkeit so gering, daß selbst Gold und Eisen sehr schwach, Gold und Zink aber noch lebhaft stimulirten. Bei der Application (Fig. 30. und Fig. 31.) waren dieselben Metalle, Gold *g*, Zink *z* und Eisen *e* als Kettenglieder zwischen Muskel und Nerv, aber nur in Fig. 30. traten die Galvanischen Erscheinungen ein.

Ich war mit diesen Versuchen (welche ich zuerst bei meinem Aufenthalt in Jena gemeinschaftlich mit Herrn von Göthe und meinem ältern Bruder anstellte) lebhaft beschäftigt, als ein Zufall mich auf eine merkwürdige Entdeckung leitete. Ich hatte (Fig. 32.) einen wenig lebhaften Froschschenkel vor mir auf einer Glasplatte liegen. Er zeigte mit homogener Nerv- und Muskelarmatur von Gold keine Contraction. Sie blieb ebenfalls aus, als die Zinkplatte *z* zwischen *g* und *g* lag. Ich wollte den Contact von *z* und *g* vergrößern, *z* inniger andrücken,

und bog mich deshalb mit dem Gesichte und Munde über den Apparat hinüber. Indem ich diese Beugung meines Körpers vornahm, verband ich mit der linken Hand z und den Muskel mittels des goldenen Leiters g. Ich erstaunte, als ich den vorher so ungereizten Schenkel convulsivisch von der Armatur herabfliegen sah. — Ich vermuthete bald, daß diese plötzliche Wirkung vom Zinke herrühre, ich fiel darauf, daß die Nähe meines Mundes dem Zinke die excitirende Eigenschaft ertheilt habe. Ich verwechselte z mit einer neuen trocknen Platte, und in weniger als zehn Minuten war die wesentliche Bedingung dieser Erscheinung ergründet. Diese Bedingung ist nemlich die:

daß, noch im Zustande minderer Erregbarkeit der organischen Theile, Contractionen bei homogener Nerven- und Muskelarmatur entstehen, wenn dieselben durch andere Excitatoren verkettet sind, unter denen sich ein heterogener befindet, dessen eine Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist. \*)

\*) Ich beobachtete diese Erscheinung zuerst im Monat April 1795. Sie überraschte mich so sehr, daß ich dieselbe wenige Wochen nachher den Herren Hofrathen Sömmerring, Blumenbach, Herz und dem Herrn Geheimenrathe von Görthe, meldete. In allen bis dahin erschienenen Schriften über den Galvanismus fand ich keinen Versuch, der auch nur eine entfernte Aehnlichkeit mit meiner Entdeckung hatte; kaum aber fiel mir die zur Ostermesse erschienene treffliche Schrift des Herrn D. Pfaff in die Hände, so stieß ich darin auf Erfahrungen,

Die Excitationskraft dieses einen Metalls verschwindet aber sogleich, als entweder diese Belegung auf der einen Fläche abgewischt oder als eine Belegung auf beiden Flächen applicirt wird!

Unter allen physikalischen Versuchen, welche ich je die Freude hatte, in Gegenwart anderer Naturforscher anzustellen, habe ich keinen gefunden,

welche den meinigen sehr analog sind. Von einer Belegung mit Hauch oder verdampfenden Flüssigkeiten auf einer Fläche ist zwar darin nirgends die Rede, der scharfsinnige Verfasser reducirt alle seine Beobachtungen auf den Begriff einer mittelbaren Nervenarmatur durch Schwammstreifen: indess halte ich es doch für Pflicht (wie ich auch schon an einem andern Orte in Grens Neuem Journ. B. 2. H. 2. S. 227. gethan) um jedem Verdachte der Anmaßung zu entgehen, folgende vier Stellen hier anzuführen. S. 17. "Der Zink zeigte sich schon als Duplicator, wenn er "blos auf die Zinnarmatur gelegt und nur mit dem nassen Finger berührt wurde, während der Silberexcitator in der andern Hand die Muskel- und Zinnarmatur berührte. S. 174. Da sich keine Zuckungen zeigten, "wenn die Goldunterlage der Muskeln durch Zinn mit "der Goldarmatur des Nerven verbunden wurde, entstanden dieselben sogleich lebhaft, wenn nun dieses "Zinn mit der Goldunterlage der Muskeln durch ein "bloßes Schwammstück in Verbindung gesetzt wurde. "S. 368. Wenn die Nervenarmatur von Zink mit der "Muskelarmatur von Zink durch Silber verbunden ist, "und keine Zuckung hervorbringt, so entstehen sie "sogleich lebhaft, wenn ein nasses Schwammstück auf "die Nervenarmatur und das andere Metall, das damit in Verbindung steht (also auf Zink und Silber) "gelegt wird, und nun der, die Muskeln bewaffnende "Excitator von Zink, das, mit der Nervenarmatur "in Verbindung stehende Silber berührt. S. 369. Durch "den Beitritt der Feuchtigkeit wird der elektrische Process vermittelt dieser günstig mit einander wirkenden "Armaturen sogleich wieder rege."

der wegen seiner unendlichen Feinheit so in Erstaunen setzt, als diese Belegung mit Hauche. Die Kette trockner Metalle, als Gold, Zink und Gold bringt keine Reizung hervor. Man behauche leise die eine untere, oder obere Fläche von *z*, man lasse das gasförmige Wasser, welches wir mit der kohlengefäueren Stickluft ausathmen, diese eine Fläche überziehen, so wird der Muskel convulsivisch erschüttert, gleich viel, ob der Muskelreizer die feuchte, oder trockne Seite von *z* berührt. Man wische den Hauch mit einem wollenen Tuche ab, so verschwindet die Bewegung von neuem. Das Experiment sieht einem Zauber ähnlich, indem man bald — Leben einhaucht, bald den belebenden Odem zurücknimmt! Man weiß aus Erfahrung, daß ein frisch getödteter Stier, trotz seines ungeheuern Gewichts, wenn er gehörig galvanisirt wird, zur Bewegung des Aufstehens stimulirt werden kann. Von einem bloßen Hauche, von ein wenig Wasserdampfe, hängt es daher ab, ob ein Paar hundert Pfund organischer Masse bewegt werden oder in Ruhe bleiben sollen.

Der Versuch Fig. 32. glückt ebenfalls, wenn die Muskel- und Nervenarmatur von Zink, das behauchte Zwischenglied aber von Gold ist. Noch auffallender ist die Wirkung in einem zusammengesetzten Falle. Ein matter Froschnerv war, wie gewöhnlich, (Fig. 33.) mit Zink *z* armirt. Lag die Glasplatte *a* auf *z*, und wurde diese durch Muskelfleisch *m* mit der Muskelbelegung von Silber *s* berührt, so war die Contraction augenblicklich da. Der Fall war dem Fig. 28. analog. Legte ich aber das Muskelfleisch *m* zwischen

Zink und Gold, und berührte *a* unmittelbar mit *s*, wie in Fig. 25., so blieben alle Galvanische Erscheinungen augenblicklich aus. Die Circulation des reizenden Fluidums schien durch *m* gehindert zu seyn, und die geringe Erregbarkeit des Thieres erforderte, statt *m*, einen bessern metallischen Leiter. Ich liefs indefs die Kette in ihrer vorigen Folge *z*, *m*, *a*, und legte auf *a* die Zinkplatte *z*. Diese, mit der Muskelbelegung berührt, befand sich wieder im Contacte mit zwei Metallen. Der Schenkel blieb in Ruhe. Nun wurde der obere Zink, auf der obern Fläche, leise behaucht, und mit dem Hauche trat die Muskularbewegung augenblicklich ein. Der Hauch wurde abgewischt, und die vorige Ruhe trat wieder ein; *m* ist in dieser Kette also nur so lange hinderlich, bis eine Zinkplatte dazwischen tritt, deren eine Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist. Auch werden die Galvanischen Erscheinungen nicht unterbrochen, wenn auf dem behauchten Zinke (Fig. 34.) noch einmal Metall *r*, und darauf Muskelfleisch *n* liegt.

Durch eine Reihe von Versuchen dieser Art, mit deren Erzählung ich diese einförmige Schrift nicht noch langweiliger machen will, habe ich gefunden, dafs zwar jede Flüssigkeit, jeder feuchte Körper im Contacte mit einer Metallfläche den Stimulus hervorlockt, dafs aber der Stimulus selbst um so heftiger wirkt; je leichter und schneller das angewandte Fluidum verdampft. Diese Erscheinung, dieser schnelle Uebergang aus dem tropfbar flüssigen Zustande in den gasförmigen, ist unendlich wichtig für die Theorie  
des

des Galvanismus. Ich werde das Factum daher hier so genau als möglich entwickeln. Man bringe mittels einer metallenen Spitze zwei sehr convex stehende Wassertropfen auf den Zink Fig. 35, so werden die Contractionen erfolgen, und ausbleiben, je nachdem die Muskelarmatur den Tropfen *a* selbst, oder den trocknen Zwischenraum *b* berührt. Eben dies erfolgt, wenn man Blut, Milch, Weingeist, Oleum tartari, Salpetersäure, statt des Wassers, auftröpfelt. Doch habe ich bei sehr matten Thieren (und nur diese entscheiden hier) beobachtet, daß die Belegung mit Hauch heftigere Zuckungen erregt, als alle genannte Flüssigkeiten, daß Milch schwächer wirkt als Blut, Blut stärker als Wasser. Der letztere Umstand liefs mich auf einige Augenblicke vermuthen, daß die thierischen Stoffe, als solche, einen Vorzug vor den unbelebten hätten. Gegenversuche lehrten mich aber bald, daß dieser Vorzug nur auf ihrer Fähigkeit zu dampfen, gasförmige Flüssigkeiten bei jeder äuffern Temperatur auszudünsten beruhet. Ich tröpfelte Wasser und schwefelgefäueren Alkohol in zwei abgefonderten Tropfen neben einander auf Zink und bemerkte bei mehreren sehr unreizbaren Thieren (Fröschen, zwei Eidexen und einem Wassermolch, *Lacerta lacustris*), daß bei Berührung der Naphta Vitrioli stärkere Muskularbewegungen, als bei Berührung des Wassers erfolgten. Ich ging auf diesem Wege noch weiter. Ich tröpfelte siedendheißes Wasser und kaltes, (bis auf 0 Grad Reaum. erkältetes) auf Zink und das Uebergewicht des erstern war eben so bemerkbar. Am lebhaftesten er-

folgte die Reizung, wenn ich  $z$  allein, nicht  $g$  am Feuer erhitzte, und nun Wasser, besonders aber Vitrioläther darauf goss. Wurde das heisse Metall behaucht, so war die Contraction im ersten Augenblicke sehr heftig, nach einigen Secunden aber, da die Wärme die Feuchtigkeit von selbst verjagte, blieb sie aus, ohne dafs der Zink des Abwischens bedurfte.

Wenn ich statt des Hauches oder der tropfbaren Flüssigkeiten (Fig. 36.) 3 bis 4 Kubiklinien frisches Muskelfleisch  $m$  auf  $z$  legte, so bemerkte ich die Zuckungen, nicht blos bei der unmittelbaren Berührung von  $m$ , sondern auch indem ich mit dem goldenen Leiter  $g$  ein  $\frac{1}{4}$  Pariser Linien von  $m$  entfernt blieb. Ich fiel natürlich auf den Gedanken, dafs das Muskelfleisch rund um sich her, und also auch bis  $x$  Lymphe verbreite, und  $g$  von  $m$  entfernt, doch eine feuchte Stelle treffe. Ich nahm daher (es war in den ersten Tagen des Decembers 1795.) eine neue Zinkplatte, trocknete sie erwärmt ab, und legte das Muskelfleisch darauf. Der Muskelleiter  $g$  stand schon mit dem einen Ende auf dem Schenkel aufgesetzt, mit dem andern war ich im Begriff  $m$  zu berühren — die Contraction erfolgte aber, indem ich noch an  $\frac{1}{4}$  Linien davon entfernt blieb. \*) Ich erstaunte über eine so unerwartete Erscheinung. Ich glaubte aus Unvorsicht, ohne es zu wissen, eine Muskelfaser von  $m$  berührt zu haben. Ich wiederholte den Ver-

\*) Die Figur 36. drückt auch diesen Fall aus, dafs aber von den drei gezeichneten Bogen, nie zwei zugleich gebraucht wurden, bedarf wohl keiner Erinnerung, so wenig als in Fig. 8. 29. und 35.

fuch, blieb über eine volle Pariser Linie von *m* entfernt, aber die Convulsionen des Thieres waren lebhaft, wenn nur das eine Ende von *g* den Froschschenkel unmittelbar berührte. Ich hatte damals die Entdeckung schon gemacht, Reizung bei homogenen Metallen ohne kettenförmige Verbindung der Excitatoren Fig. 9, hervorzubringen. Ich glaubte, die vorliegende Erscheinung möchte sich auf jene, und zwar auf den bis dahin für negativ angenommenen Fall Fig. 12. *b* reduciren lassen. Ich berührte daher (Fig. 36.) bloß den Froschschenkel mit der Muskelarmatur *g*, ohne dieselbe, mit dem andern Ende *v*, dem auf *z* liegenden feuchten Leiter auch nur auf einen Zoll weit zu nähern. Aber bei dieser Application der Excitatoren blieb jegliche Contraction aus. Dieses Ausbleiben lehrte mich, daß aus *m* oder *v* etwas gasförmiges ausströmen mußte, welches gleichsam zum Zwischengliede zwischen *v* und *m* diene und die Kette herstellte. Ich liefs, um dies zu ergründen, durch eine dritte Person, eine dünne Glascheibe dergestalt zwischen das Muskelstück und Metall halten, daß sie keines von beiden berührte. Der Strom schien augenblicklich gehemmt, denn nun war das Galvanisiren unwirksam. Es glückte aber mit Hinwegnahme der Glasplatte wieder. Während dieser Experimente, welche ich mit aller Sorgfalt anstellte, deren ich fähig bin, vergingen wohl 10 bis 12 Minuten. Ich bemerkte, daß ich mich, je länger ich die Beobachtung wiederholte, je häufigere Contractionen ich erregte, desto mehr mit dem metallischen Ende *v* dem Muskelstücke *m* nähern mußte. In



der Entfernung von  $\frac{1}{2}$  oder einer Pariser Linie war nun kein Stimulus mehr vorhanden. Bei  $\frac{1}{2}$  Linie und noch geringerem Abstände wirkte derselbe heftig.

Alle diese Erscheinungen sind den Erfahrungen anderer Physiker so heterogen, zeigen eine so neue, unerwartete Eigenschaft der thierischen Materie, daß ich es für Pflicht halte, sie näher zu entwickeln. Keine Materie wirkt da, wo sie nicht ist. Das Muskelfleisch bildet also gleichsam eine Atmosphäre, einen leitenden Wirkungskreis um sich. Sollte die organisirte Materie, dachte ich, Lympe in gasartigem Zustande aushauchen, gleichsam ein Gewölk, einen Dunst von Lympe um sich bilden? Ich kehrte zum siedendheissen Wasser, zum Aether auf erhitzten Zinkplatten zurück. Ich raionnirte so: ist ausströmender Dampf die Ursach der Leitung, nimmt bei der thierischen Materie dieser Ausdünstungsprocess vielleicht mit der schwindenden Lebenskraft ab, so wird eine Linie weit über dem Aether, über dem siedenden Wasser der Metallbogen, wie über dem Muskelfleisch, reizend wirken. Mein Raionnement gehörte zu den *Anticipationibus mentis*, welche seit des weisen Baco Zeiten eben nicht in gutem Rufe stehen. Der Gegenversuch mislang, und die Muskularbewegung erschien nie anders, als wenn  $v$  die tropfbarflüssige Fläche des Wassers, oder Aethers (oder das mit Blut benetzte Tuch) unmittelbar berührte. Ich kehrte also zu den thierischen Stoffen selbst zurück. Das vorige Muskelstück  $m$  war noch so wirksam, daß der Versuch auf  $\frac{1}{2}$  Linie weit

glückte. Um zu untersuchen, ob die Reizempfänglichkeit des Thieres selbst Einfluss auf das Gelingen oder Nichtgelingen habe, setzte ich den Apparat wie Fig. 36. zusammen, legte aber einen frischen Froschnerven auf den Zink. Die Contractionen wurden an sich zwar heftiger, aber der Wirkungskreis von *m* war nicht erweitert. Der Muskelleiter *g* mußte sich wenigstens noch auf eine halbe Linie nahen. Nach 6 bis 8 Minuten war endlich jeder Abstand noch zu groß. Die Atmosphäre von *m* schien ganz verschwunden, und die Galvanischen Erscheinungen stellten sich nur bei der unmittelbaren Berührung von *m* selbst ein.

Ich trennte nun von eben dem Froschschenkel, welcher *m* hergegeben hatte, neue Stücke Muskelfleisch. Sie wurden auf *z* gelegt, aber alle ohne Erfolg, ohne Wirkung in die Ferne. Erstaunt über dieses Mißlingen, suchte ich die Urfach davon in der Frischheit der Theile. Ich secirte daher sogleich einen neuen sehr lebhaften Wasserfrosch, versuchte fast jeden Theil seines Muskelfleisches — aber immer vergebens. Eben so ging es in den folgenden drei oder vier Tagen. Hätte ich die oben erzählten Versuche nicht mit so vieler Sorgfalt angestellt, nicht so lange Zeit fortgesetzt, so wäre ich fast geneigt gewesen, den Verdacht der Täuschung gegen mich selbst zu erregen. Mehrere Wochen nachher, am Ende des Junners 1796. ward ich aber, beim Experimentiren, aufs angenehmste überrascht, und von der Richtigkeit meiner Beobachtungen überführt. Der Nervus cruralis eines ziemlich lebhaften, aus

dem Winterfchlaf durch Stubenwärme erweckten Frosches lag auf Zink und auf diesem ein Stück frisches Muskelfleisch  $n$  von eben dem Individuum (Fig. 37.). Ich wollte den Versuch (Fig. 1.), in welchem Muskel- und Nervenarmatur durch einen thierischen Leiter verbunden sind, wiederholen. Die Contractionen entstanden aber schon, als der Excitator von Silber  $a$  mit dem einen Schenkel auf  $\frac{1}{2}$  Linien von  $n$  entfernt blieb. Das obige Experiment mit der Glastafel wurde wiederholt. Sie hinderte das Durchströmen vollkommen. Ja! es war herrlich zu sehen, wie man mit jeder Minute  $a$  dem feuchten Leiter näher bringen mußte, um einen Stimulus hervorzulocken. Man denke sich um den Bündel Muskelfasern  $n$  in einer Entfernung von  $\frac{1}{2}$  Linie, einen punktirten Ring  $pq$ , so drückt derselbe gleichsam die Grenze des Wirkungskreises aus, welchen die thierische Materie um sich verbreitet. Diese leitende Atmosphäre nimmt aber, wie die Erfahrung gelehrt, allmählig ab, wird bald auf  $rs$ , und noch näher eingeschränkt. Ich applicirte dies  $n$  (wie  $m$  in Fig. 36.) als Glied zwischen Gold, Zink und Gold, und die Wirkung blieb dieselbe. Ich versuchte andere Muskelfstücke desselben Schenkels — aber unter vielen war nur eines, welches aus der Entfernung reizte. Zwischen diesem und dem unwirksamen konnte ich keinen äußern Unterschied bemerken. Aus diesen mannigfaltigen Thatfachen folgt demnach das eben so neue, als auffallende Resultat:

dass frische thierische Stoffe, nicht vegetabilische, sich hiaweilen in einem

Zustande befinden, in dem sie unsichtbar eine leitende Atmosphäre um sich verbreiten, welche in ihrer Bewegung in eben dem Maasse allmählig abnimmt, als die Zeit, seit der die Trennung des Stoffes von der ganzen Maschine geschah, zunimmt.

Da nichts so sehr für die Bestimmtheit einer Beobachtung spricht, als wenn mehrere übereinstimmende Erfahrungen sich auf dieselbe reduciren lassen, so merke ich hier nur vorläufig an, daß es mir noch in zwei andern Fällen geglückt ist, Wirkungskreise von Muskeln und Nerven zu beobachten, und also etwas sinnlich darzustellen, dessen Daseyn große Physiologen, zum Beispiel Herr Reil, aus theoretischen Gründen nur ahnden durften. Doch davon in einem folgenden Abschnitte; ich kehre zu meinem Vorhaben, hier nur einfache Facta aufzustellen, zurück.

Statt der Belegung mit Hauch Fig. 32., oder mit Muskelfleisch Fig. 36. kann auch die menschliche Hand selbst dienen. Man lege den feuchten Finger der Linken auf *z*, und berühre durch eine Silbermünze *s*, in der Rechten, den Schenkelmuskel, dessen Cruralnerv mit Silber armirt ist, (Fig. 38.), so erfolgen lebhaftere Contractionen. Dieselben erscheinen ebenfalls, wenn die rechte Hand eine silberne Pinzette *s* hält, und durch die beiden Schenkel derselben den Froschmuskel und die Nervenarmatur *r* (Fig. 39.) verbindet. Alsdann ist eine zwiefache Verkettung der Theile, eine vom Nerven, durch *r, z*

den linken Arm und den rechten in *s*, und die andere vom Nerven durch *r* unmittelbar in *s*. Die erstere scheint aber die allein wirkfame zu seyn, denn die Reizung hört auf, sobald die linke Hand den Zink nicht mehr berührt.

Wenn gleichartige Muskel- und Nervenarmaturen (Fig. 32.) nur unter der Bedingung wirken, daß das ungleichartige mittlere Glied der Kette auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist, so mißglückt daher jedes Galvanisiren, sobald *z* auf beiden Flächen eine solche Belegung hat. Der Fall Fig. 23. ist daher, wenn *a* und *b* beide Silber, *c* Zink, *c* und *d* aber Muskelfleisch ausdrücken, bei minder reizbaren Thieren, constant negativ. Eben dies wird der Apparat Fig. 35, 36, 38 und 39, wenn zwischen *z* und *g*, *z* und *s*, und *z* und *r* noch ein verdampfender leitender Körper liegt. Alle Versuche hierüber zeigen eine wunderfame Uebereinstimmung. Folgende Erfahrung aber, die ich mehrmals machte, zeigt dies Phänomen in seiner ganzen Vollständigkeit. Die Kette Fig. 40. Nerv, Gold, Muskelfleisch, Zink und Gold war positiv. Ich legte noch einmal Muskelfleisch *m* auf den Zink Fig. 41, und die Contraction blieb aus. *M* wurde (Fig. 42.) mit Zink *r* bedeckt, und der Fall war wieder positiv. Er zeigte sich negativ, als auf *r* noch einmal ein Stück Muskelfleisch *n* (Fig. 43.) lag, und wieder positiv, (Fig. 44.) als eine Eisenplatte *f* diese *n* bedeckte. Die ausdünstende Flüssigkeit muß also schlechterdings nur eine Fläche des heterogenen Zwischenmetalls (*z* in Fig. 35.) belegen, und wir

haben hier, um mich eines Ausdrucks meines scharfsinnigen Freundes, des Herrn Abilgaard zu bedienen, „gleichsam ein Galvanisches Dampf-„elektrophor, dessen Wirkungen zu den wunderksamsten Erscheinungen der neuern Physik ge-„hören.“

## Fünfter Abschnitt.

**Mittel**, die zusammengesetzten Bedingungen Galvanischer Erscheinungen unter einen Gesichtspunkt zu stellen — Zeichen — Formeln für positive und negative Fälle — Vor- sicht bei den Resultaten nicht gelingender Versuche.

Ich bin bemüht gewesen in den vorliegenden vier Abschnitten die Bedingungen zu entwickeln, unter denen Galvanische Erscheinungen erfolgen, oder ausbleiben. Statt nach dem Beispiele anderer Physiker die Thatfachen mit den Vermuthungen über ihre Ursachen gleichzeitig vorzutragen, habe ich jene von diesen abgefondert. Zwar ist der Vortrag des Ganzen dadurch einförmiger geworden, zwar sind einzelne Facta dadurch weniger hervorstechend geblieben, dem ernsthaften Untersucher aber wird diese Methode doch vorzüglich scheinen, da sie reine Erfahrungen an einander reiht. Welch ein Abstand in der Einfachheit der Bedingungen aber, von dem Falle (p. 32.) an, wo der bloße Lendenmuskel den noch organisch inserirten Ischiadnerven berührt, bis zu dem complicirten Hauchversuche (p. 77.).

Weder das aufmerksamste Lesen jener vier Abschnitte, noch die Betrachtung der Figuren machen es möglich, jene Fülle von Thatfachen mit einem Blicke zu umfassen. Es schien mir daher wichtig, eine Methode zu erfinden, welche diesem Mangel abhülfe. Die Bequemlichkeit, welche die Mathematik darbietet, durch analytische Zeichen, viele Sätze in wenig Zeilen darzustellen, reizte mich zu dem Versuche, die Abänderungen des Galvanischen Apparats, bei dem fast alles auf die kettenförmige Aneinanderreihung der Stoffe beruht, durch eine ähnliche Zeichensprache auszudrücken. In meinem ersten physiologischen Briefe an Herrn Blumenbach \*) habe ich bereits einige Formeln der Art bekannt gemacht. Der Beifall, den man diesem Versuche geschenkt hat und meine eigene Ueberzeugung von dem Nutzen einer solchen Uebersicht von Thatfachen, veranlassen mich diesen Gegenstand hier weiter zu bearbeiten.

Ich unterscheide zwei Klassen von Stoffen, welche bei den Galvanischen Erscheinungen wirksam sind. Zu der ersten rechne ich alle Metalle, Kohlen und kohlenstoffhaltige Materien, zu der zweiten alle feuchte thierische und vegetabilische Theile, Muskelfleisch, Wasser, nasses Tuch u. s. f. Stoffe der ersten Art nennt man fast allgemein Excitatoren, Stoffe der zweiten Art Conductoren des Galvanischen oder elektrischen Fluidums. Diese Benennungen gründen sich auf die theoretische Voraussetzung, daß ohne Metall und Kohle, zum Beispiel,

\*) Gren's Neues Journ. der Physik. B. II. S. 126.

keine Muskularcontraction erfolgen könne, und daß Körper der zweiten Klasse nur dazu dienen, die kettenförmige Verbindung der Excitatoren nicht zu unterbrechen. Diese Voraussetzung ist grundfalsch, weil sie tausenden von Erfahrungen, die ich angestellt habe, widerspricht. Im Zustande der erhöhten Reizempfänglichkeit erfolgen Galvanische Erscheinungen bei Anbringung bloßer sogenannter Conductoren, wie in Fig. 2. 3. 5. und selbst im gewöhnlichen Zustande der mindern Erregbarkeit wirken, wie im Hauchversuche Fig. 35. Wasser und feuchte leitende Substanzen, als wahre Excitatoren. Wir wollen daher in den Formeln jene gewagten, hypothetischen Benennungen aufgeben, und die zwei Klassen von Stoffen bloß nach ihren individuellen chemischen Charakteren von einander unterscheiden. Metallische und kohlenstoffhaltige Substanzen haben unter den festen Körpern ein ausgezeichnetes Vermögen das Sauerstoffgas zu zersetzen, oder phlogistische Proceße zu erregen. Ich bezeichne sie daher mit dem Buchstaben  $P$ , und zwar so, daß homogene Metalle, wie zwei Goldstäbe, durch  $P \cdot P$ ; heterogene aber, wie Zink und Gold, durch  $P p$  ausgedrückt werden.

Ich nehme den gewöhnlichen Galvanischen Apparat Fig. 8., in welchem eine Muskelarmatur von Silber die Nervenarmatur von Zink berührt, zum Muster. Der Ausdruck  $P p P$  bedeutet, daß ein heterogenes Metall zwischen zwei homogenen liegt, oder daß Kohle mit zwei homogenen Metallen in Berührung steht. Der Ausdruck  $P p P P$  zeigt



an, daß vier Metallstäbe (von Gold und Blei z. B.) mit abwechselnden Gliedern eine Kette bilden, wie in Fig. 45. Der Versuch Fig. 8, wird sich daher auf folgende Formeln reduciren.

$$\text{Nerv } \underline{P \quad p}$$

Die Körper der zweiten Klasse, welche im Zustande minderer Reizbarkeit meist nur als leitende Substanzen zu wirken scheinen, haben die gemeinsame Eigenschaft der Feuchtigkeit. Ich bezeichne sie daher durch *H* und *h* oder Corpora humida. Der Fall Fig. 1. drückt sich daher also aus:

$$\text{Nerv } \underline{P \quad H \quad p}$$

Die Formel:

$$\text{Nerv } P \quad p$$

in der das Verbindungszeichen fehlt, zeigt an, daß ein Nerv mit zwei heterogenen Metallen (oder kohlenstoffhaltigen Substanzen) zwar in Berührung sey, ohne aber eine Kette zu bilden. Es ist der mir glückende Versuch Fig. 9., welchen man bisher apodiktisch für negativ erklärte. Das Verbindungszeichen dient auch dazu, um die Fälle zu bezeichnen, wo die Kette zweimal geschlossen ist, und es auf die Uebermacht der Metalle ankommt, ob eine schon geschlossene Kette durch ein zweites Schlussglied neue Contractionen erweckt. Wenn in Fig. 46. zwischen den beiden Armaturen von Zink und Silber *v* und *s* abwechselnde Glieder von Muskelfleisch *m*, *n* und Metallen *k*, *l* vorkommen, von denen eines *l* auch mit dem Nerven in Berührung steht, so wird, wenn *l* und *s* homogen sind, nur das früher

applicirte, Galvanische Erscheinungen hervorbringen.  
Die Fig. 46. heisst demnach:

Nerv P H p H P p.

Nach dieser Bezeichnungsmethode wird es ausführbar, alle Bedingungen des Galvanismus, so weit ich sie entdeckt habe, in wenige Zeilen zusammen zu drängen, und gewissermassen auf construirbare Begriffe zu reduciren. Ohne diese Formeln vor Augen zu haben, ist es unmöglich irgend etwas richtiges über die Ursach dieser Erscheinungen aufzufinden. Was hilft es, dieselbe bald in den Metallen und ihrer Oxydation, bald im aufgehobenen Gleichgewichté der Elektricität bei kettenförmiger Verbindung der Stoffe zu suchen, wenn dieselben Muskelbewegungen ohne Metalle und ohne kettenförmige Verbindung eintreten!

Im Zustande der erhöhten Reizempfänglichkeit finde ich Galvanische Erscheinungen:

- 1) indem der Lendenmuskel eines Thieres gegen den, mit ihm organisch verbundenen Ischiadnerven zurück gebogen wird, der einfachste Fall, den ich entdeckte. S. 32.

Organisch verbundener Nerv und Muskel.

- 2) indem der Cruralnerv und sein Schenkelmuskel, mittels feuchter Theile, verbunden werden  
Fig. 2. 3. 4. und S. 35 — 37.

Organisch verbundener Nerv und Muskel H.

- 3) indem feuchte Theile eine Leitung von einem Theile des Nerven zum andern machen. Fig. 5. und S. 38.

Nerv H h

- 4) indem zwei homogene Metalle sich berühren, von denen eines eine Nervenarmatur ist; der Fall ohne Kette. Fig. 9. und S. 43.

Nerv P P

- 5) indem ein homogenes Metall Nerv und Muskel verbindet. Fig. 16. und S. 60.

Organisch verbundener Nerv und Muskel P

- 6) indem zwei Punkte eines Nerven durch ein homogenes Metall verbunden werden \*) S. 63.

Nerv P

- 7) indem ein feuchter Theil die homogene Nervenarmatur mit dem Nerven an einem zweiten Punkte verbindet. Fig. 22. und S. 65.

Nerv P H

\*) Ich hole hier noch einen wichtigen Versuch meines ältern Bruders nach, der diesen Fall in ein helleres Licht setzt. Ein Wasserfrosch war ausgeweidet und mit den Extremitäten auf ein Secirbrett geheftet. Das Geflechte von Nerven, welches aus dem Rückenmark nach dem Arme geht, und der Ischiadnerv waren entblößt. Mein Bruder galvanisirte das Thier mittels Zink und Silber, die Contractionen waren heftig. Die Zirkarmatur wurde vom Ischiadnerven weggenommen und der Arm zuckte, wenn das bloße Silber den Armnerven leise berührte. Holz, Knochen und andere nicht metallische Substanzen brachten dagegen keine Contraction hervor.

- 8) indem heterogene Metalle Nerv und Muskel bewaffnen, und sich unmittelbar, oder mittels eines feuchten leitenden Körpers berühren. Fig. 8. und Fig. 1. S. 67.

Nerv P p,  
Nerv P H p;

- 9) indem homogene Metalle am Nerv anliegen, beide aber durch ein heterogenes Metall verbunden find. S. 70.

Nerv P p P;

- 10) indem homogene Metalle den Nerv bewaffnen, beide aber mittels zweier feuchten Substanzen mit einem heterogenen Metalle verbunden find. Fig. 23. und S. 70.

Nerv P H p H P;

- 11) indem in der Kette zwischen einem Punkte des Nerven und dem andern mehrere Metalle mit feuchten Theilen abwechseln und unter allen Metallen nur ein heterogenes ist. F. 24. u. S. 70.

Nerv P H P H p H P.

Im Zustande minderer, wenigstens nicht erhöhter Reizempfindlichkeit, erfolgen Muskularcontractionen nur:

- 1) wenn heterogene Nervenarmaturen sich unmittelbar, oder durch Substanzen der ersten Klasse berühren. Fig. 8. und S. 72.

Nerv P p,  
Nerv P p P p;

- 2) wenn zwischen heterogenen Nervenarmaturen Glieder von metallischen und feuchten Substanzen vorkommen, unter diesen aber zwei heterogene Metalle in unmittelbarer Berührung find. S. 72.

Nerv P H P p H p;

- 3) wenn homogene Nervenarmaturen durch Substanzen der ersten Klasse verbunden sind, unter denen eine auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist; der Hauchversuch. S. 77. und Fig. 32.

Nerv P p H P.

Dagegen erfolgen bei minderer Erregbarkeit der Organe constant keine Contractionen in den oben No. 4. 6. 8. 9. und 10. angeführten Fällen, also in den Formeln:

Nerv P P

Nerv P

Nerv P H p

Nerv P p P

Nerv P H p H P.

Wenn wir demnach die Fälle, wo Muskelbewegungen eintreten, mit dem Zeichen + und die, wo sie ausbleiben, mit dem Zeichen — andeuten, so stellt folgende Tafel alle bis jetzt entdeckten Facta übersichtlich dar. Ich habe mich bemüht, jeden nur irgend zweifelhaften Versuch wegzulassen, weil in der Naturlehre nichts nachtheiliger ist, als wenn man das Wahrscheinliche unter das Erwiesene mengt

menget, oder gar (wie oft geschieht) Meinungen und Wünsche als Thatfachen einkleidet. Sollten in der Folge Galvanische Versuche als neu angezeigt werden, so wird es leicht seyn, dieselben in Zeichen umzusetzen und auszumitteln, ob sie zu einer der schon bekannten Formeln gehören?

### Bedingungen des Galvanismus.

#### I. Zustand hoher Reizempfänglichkeit.

- + Organisch verbundener Nerv und Muskel.
- + Organisch verbundener Nerv und Muskel H
- + Nerv H h
- + Nerv P P
- + Nerv P
- + Nerv P H
- + Nerv P p
- + Nerv P p P
- + Nerv P H p
- + Nerv P H p H P.

#### II. Zustand minderer Reizempfänglichkeit.

- + Nerv P p
- + Nerv P p P p
- + Nerv P H P p H p
- + Nerv P p H p.

Von den negativen Formeln der zweiten Abtheilung setze ich nur folgende hinzu:

- Nerv H h
- Nerv P P
- Nerv P
- Nerv P p P
- Nerv P H p
- Nerv P H p H p.

Denn der wichtige Versuch (S. 32.), indem blofs organisch verbundene Theile, der Ischiadnerv und Lendenmuskel, sich berühren, glückt fast immer, wenn man gewöhnlich lebhafte Frösche mit einiger Schnelligkeit zu präpariren versteht. Negative Formeln für den Fall erhöhter Reizempfindlichkeit habe ich gar nicht aufzuführen gewagt. Sie sind so lange voreilig und unrichtig, als der Experimentator nicht erweisen kann, dafs er Versuche mit solchen Individuen angestellt habe, welche das Maximum der thierischen Erregbarkeit befassen. Wie apodiktisch hat man bisher den Fall ohne Kette Fig. 9. nicht immer für negativ erklärt, wie lange habe ich ihn nicht selbst dafür gehalten, bis ein Versuch mich von meinem Irrthume zurückbrachte! Und dafs dieser Versuch nicht durch sogenannte zufällige Bedingungen modificirt wurde, das wird nach den mühsamen Gegenversuchen Fig. 10. 11. 13. 14. und 12. a wohl niemand bezweifeln.

Negative Versuche geben nur Resultate für die individuellen Verhältnisse, unter denen man experi-

mentirt. Bin ich außer Stand, diese Verhältnisse oder Bedingungen genau zu bestimmen, so ist die Erfahrung des Nichtgelingens völlig unfruchtbar und ohne Anwendung auf andere Fälle. So sind viele unserer chemischen Versuche, alle meteorologische Beobachtungen, so zusammengesetzt, es wirken so viele Stoffe dabei, deren Zahl wir oft gar nicht einmal kennen, daß jene Versuche und Beobachtungen keinen andern Schluss erlauben, als den: wenn  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $x$ ,  $y$  . . . sich berühren, so erfolgt der Effect  $z$  nicht. Man behauptete, daß in Wasser aufgelöstes Kochsalz sich durch Bleikalche zersetzt habe. Das Factum war unwiderruflich wahr, aber die Bedingungen wurden falsch ausgedrückt. Der große Scheele wurde durch negative Versuche widerlegt, bis Herr Curadeau fand, daß Ausschluss der Kohlenäure den Erfolg bestimme.

So giebt bei Versuchen mit thierischen Organen das Nichtgelingen ebenfalls nur ein Resultat für einen individuellen Fall. Bei jedem Phänomene der Irritabilität ist die Erregbarkeit der Organe ein Hauptbedingniß, und da wir keinen bestimmten Ausdruck für den Grad dieser Erregbarkeit haben, so kann unter sonst gleichen äußern Umständen zehnmaliges Nichtgelingen mich nicht an dem Effect eines einzigen gelingenden, sorgfältig angestellten, von mehreren Personen geprüften Versuchs zweifeln machen. Den Fall Fig. 7. habe ich bisher noch immer als negativ befunden. Dennoch wage ich es nicht, ihn allgemein dafür zu erklären. Thiere, welche noch reizempfindlicher sind, als die,



welche ich in Fig. 9. und 3. galvanisirte, werden vielleicht künftig auch noch zu dieser Entdeckung veranlassen.

---

## Sechster Abschnitt.

Schließung der Galvanischen Kette — GröÙe der Belegungsfläche — Ist ein Galvanisches Phänomen ohne Reizung einer sensiblen Fiber möglich? — Relative Folge der Excitatoren — Regulinische und geschwefelte Metalle — Oxydirtter Braunstein — Holz- und Steinkohle — Kohlenblende — Graphit — Lydischer Stein — Alaunschiefer — Eis — Säuren — Alkalien — Oel — Seife — Specifiker Unterschied der thierischen und vegetabilischen Materie — Wichtigkeit der cuticula — Ob sie GefäÙe hat? — Chemische Betrachtungen über Leitungskraft im Allgemeinen — Theorie der Umbüllungen. — Gewisse Menschen sind isolirend. — Isolirende Theile des belebten Körpers werden leitend. — Temporäre Empfindlichkeit derselben. — Setzt sie eigene Nerven voraus? — Versuch, diese Erscheinung aus veränderter Zuleitung zu erklären. — Anwendung auf die Pathologie. — Leitungskraft der Morscheln.

Um das groÙe Phänomen der Galvanischen Erscheinungen nach seinem ganzen Umfange zu fassen, ist es nicht hinlänglich, die Bedingungen anzugeben, unter denen sie überhaupt eintreten, sondern wir müssen sie auch nach ihren einzelnen Modificationen, in Beziehung auf einzelne Organe, oder ganze Thierclassen betrachten. Der Astronom begnügt sich nicht

damit, zu lehren, bei welcher Stellung Bedeckungen der Planeten erfolgen, er beschreibt auch die physischen Wirkungen, welche die erfolgte Bedeckung hervorbringt. So wie einerlei Application der Metalle, nach Verhältniß der größern oder geringern Erregbarkeit der Organe, stärkere oder schwächere Contractionen hervorbringt, eben so verschieden sind dieselben bei einem Individuum, wenn die Art der Application verändert wird. Ein mattes Thier, das bei der gewöhnlichen Armatur Fig. 8. gar keine Zuckungen zeigt, wenn die Pincette *s* erst *s* und dann den Muskel berührt, wird dieselben gleich äußern, wenn die Kette, vom Muskel aus, sich zu schließen anfängt. Unter den Formeln

Nerv *P* *p*

<—

Nerv *P* *p*

—>

ist dann die erstere negativ, die zweite hingegen positiv. Diese Entdeckung, welche man bald Herrn Volta, bald den Herren Fowler, Valli und Pfaff\*) zuschreibt, gehört dem Bologner Physiologen selbst. Auch für die Empfindung ist es sehr merklich, von wo die Berührung ausgeht. Nirgends war mir dies auffallender, als bei den Blasenpflastern, welche ich mir zu diesem Zwecke mehrmals auf den Rücken legen ließ. Die Wunden waren meist auf dem Latissimus dorsi. Bedeckte ein Zinkplättchen dieselben, so war der Schmerz weit heftiger, wenn die silberne Pincette zuerst das entblößte Fell und

\*) a. a. O. S. 10.

dann den Zink berührte, als wenn die Berührung umgekehrt geschah. Je reizbarer das Organ ist, desto unmerklicher wird der Unterschied. Ich ließ die Wunde mit diluirtem Oleum tartari per deliquium befeuchten, und nun schwellen die Muskeln zwar heftiger auf, das Brennen ward anhalten-der, aber beides erfolgte fast gleich, wo auch immer die Pincette zuerst angelegt ward. Wer nur irgend Galvanische Versuche angestellt hat, dem können ähnliche Beobachtungen, da sie äußerst constant sind, nicht entgangen seyn.

Ueberaus merkwürdig, und von Herrn Pfaff \*) bereits angemerkt, ist noch der Umstand, daß die Stärke der Muskularcontractionen mit der Gröſſe der berührenden Metallfläche am Muskel, nicht aber mit der Gröſſe der Nervenarmatur zunehmen. Dieser Satz scheint, wie ich unten zeigen werde, für die Ergründung der Ursache des Galvanismus sehr wichtig zu seyn.

Wenn ich zwei Canthariden-Wunden bisweilen zugleich auf meinem Rücken hatte, deren eine mit Zink armirt war, so war Schmerz und Aeufserung der Spannkraft zehnfach heftiger, wenn ein Laubthaler die andere Wunde bedeckte, und die silberne Pincette diesen berührte, als wenn dieselbe mit ihrem schmalen Ende auf die enblöſte Cutis selbst traf. Eben so fühlte ich es an einer Handwunde, deren Zuheilung ich durch den Metallreiz einige Tage verhinderte. Selbst wenn organisch verbundene Theile für sich (S. 32.) ohne leitende Metalle,

\*) a. a. O. S. 51, 63.

ohne getrennte feuchte Stoffe, galvanische Erscheinungen hervorbringen; wenn ich die Lende eines Frosches gegen seinen entblößten, aber nirgends durchschnittenen Ischiadnerven bewege, ist der Effect gröfser, wenn der Lendenmuskel in vielen Puncten den Nerven trifft, als wenn man ein schmales Bündel Muskelfasern fein aus der Lende herauspräparirt und dieses in den Contact bringt. Eben so habe ich oft beobachtet, dafs in dem Versuche mit getrenntem Muskelfleische F. 2. die Contractionen zunehmen, nicht blofs, wenn man zuerst an *x* und dann an *y* (und nicht umgekehrt) schiebt, sondern auch, wenn man dem Stücke *x* eine breitere Fläche giebt. Dagegen kommt es auf die Gröfse von *y* gar nicht an. Es scheint gleich zu seyn, ob der Nerv in einem, oder in mehreren Puncten armirt ist. Der Versuch Fig. 5. hat mir davon ein merkwürdiges Beispiel gegeben. Die Muskelbewegungen blieben dieselben, ich mochte den Nerv mit der rechten Hand mittels des schmalen Stückes Muskelfleisch *z*, oder des breitem berühren. Dagegen waren sie weit lebhafter, wenn *y* den Schenkelmuskel traf, als wenn die Entladung an diesem durch *z* geschah. — Bei der mittelbaren Armirung eines Nerven durch eine Schwammunterlage glaubt Herr Pfaff \*) Zunahme der Muskelcontraction bemerkt zu haben, wenn der Nerv eine gröfsere Strecke des Schwammstückes berührte. So oft ich diesen Versuch auch wiederholt, so habe ich diese Zunahme doch nicht beobachtet. Auch scheint mir diese Application kein einfaches Resultat zu ge-

\*) a. a. O. S. 168.

ben, da die Schwammunterlage wohl nicht bloß in sofern wirkt, als sie dem Nerven mehr Berührungspunkte giebt, sondern auch durch die Feuchtigkeit, welche sie ihm mittheilt und durch die sie seine Erregbarkeit vermehrt.

Dafs zur Hervorbringung der Muskelbewegungen es gleichgültig ist, ob sich Fig. 8. zwei Nervenarmaturen *t* und *r*, oder eine Nerven- und eine Muskelarmatur *t* und *s* einander berühren, bedarf keines Erwähnung. Man hat in Deutschland auch diese Beobachtung Herrn Volta und Creve zugeschrieben, ungeachtet mehrere Stellen in Galvani's Commentar deutlich zeigen, dafs dem grofsen Entdecker dieselbe nicht entging. \*)

Da es eine Hauptbedingung Galvanischer Erscheinungen ist, dafs ein Organ mit irritablen und sensiblen Fibern zugleich versehen sey, so mufste die Bemerkung, dafs schon die Armatur blofsen Muskeln wirksam ist, überaus auffallend scheinen. Diese Bemerkung, um deren Priorität Valli gegen Volta streitet, gehört ebenfalls beiden nicht, sondern Herr Galvani \*\*) hat sie zuerst bekannt gemacht. Sie deutet überhaupt nicht auf eine Reizung ohne Nervenwirkung hin, sondern ist, wie ich glaube, ein bloßes Phänomen der Zuleitung. Wenn man ein Stück Muskelfleisch so präparirt, dafs kein gröfserer Nervenast darin sichtbar ist, was bei dem

\*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 22. und 334. Herr Volta schrieb sich diese Entdeckung selbst zu. Gren's Journ. der Physik, B. 8. S. 313. 316.

\*\*) a. a. O. S. 51.

obern Theil einer Froschlende, oder bei den Flossen eines Fisches überaus leicht gelingt, so wird man durch den Metallreiz keine Contraction darin erregen können. Erfolgte dieselbe dennoch bisweilen bei diesen Versuchen, so weiß ich mich keines Falls zu entsinnen, in dem, bei ernsthaftem Nachsuchen mit der Lupe, es mir nicht geglückt sey, einen übriggelassenen Nervenast zu entdecken. Dagegen ist es auffallend, daß die Bewaffnung bloßer Muskeln, aus denen kein Nerv ausgeschnitten ist, nur dann wirkt, wenn eines der beiden Metalle in der Nähe des Nerven liegt, oder die Epidermis in Punkten trifft, unter denen der Nerv fortläuft. So kann man, bei der durchscheinenden Oberhaut der Wasserfrösche, die Richtung der Hauptnervenstämme durch die Pincette verfolgen, ohne diese Oberhaut im geringsten zu verletzen. Wenn ich ein Zinkplättchen auf die Bauchmuskeln des Thieres lege und mit dem silbernen Bogen die Gegend berühre, in der ich den Nervus cruralis vermute, so zuckt die untere Extremität. Dagegen glückte mir dieser Versuch nicht bei der *Lacerta agilis*, in der die kleinern Nerven mit mehrerer, festerer und trocknerer, schuppenartiger Oberhaut bedeckt sind. Aus diesen Umständen glaube ich demnach den Schluß wagen zu dürfen, daß jene sogenannte Armatür bloßer Muskeln eine Nervenarmatur durch Zuleitung ist, eben so wie die Contraction eines Schenkels erfolgt, sein Nerv mag wie Fig. 1—44. unmittelbar auf dem Metalle liegen, oder wie in Fig. 47. durch ein Stück Muskelfleisch *f* damit ver-



bunden seyn. Ich würde diesen Fall weniger umständlich abgehandelt haben, wenn nicht der Streit über die Herznerven, über die mein älterer Bruder und ich eine Zahl neuer Versuche angestellt, so genau damit zusammenhinge. Beide wären längst befriedigend aufgeklärt, wenn eben so leicht wäre, Muskeln ohne Nervenfasern, als Nerven ohne Muskelfaser darzustellen.

Ich komme jetzt auf die Betrachtung der Stoffe, welche in vielen Fällen eine Bedingung des Eintretens Galvanischer Erscheinungen sind. Ich sage ausdrücklich in vielen Fällen; denn wir dürfen nicht vergessen, daß auch ohne diese Stoffe, bei bloß organisch verbundenen Theilen Muskelbewegungen erregt werden können, welche ebenfalls dem Galvanismus zugehören. Sind aber, bei mindern Graden der thierischen Reizempfänglichkeit Substanzen nöthig, welche als Kettenglieder zwischen Nerv und Muskel treten, so kommt es, um ihre Wirksamkeit zu bestimmen; auf ihre relative Stellung gegen einander, auf ihre Folge, eben so sehr, als auf ihre individuelle Natur an. Die positiven und negativen Formeln geben davon mannigfaltige Beispiele. In dem Versuch

Nerv P P p

bedeuten *P P* zwei Zinkplättchen und *p* einen silbernen Bogen, der das eine *P* mit dem Nerven verbindet. Er wird Contractionen hervorbringen, statt daß sie bei demselben nur gewöhnlich reizbaren Individuum in

Nerv P p P

wo das Silber  $p$  zwischen den beiden Zinkplatten liegt, constant nicht erfolgen. Hier sind einerlei Metalle in verschiedener Folge, und die Voltaische Theorie des Galvanismus, welche ich unten näher prüfen werde, gründet sich bloß auf eine solche Aneinanderreihung der Stoffe. Eben so ist, wenn  $H$  ein Stück Muskelfleisch von 2 bis 3 Kubiklinien bedeutet, unter den Formeln:

$$1) \text{ Nerv } \underline{P \ H \ p \ P}$$

$$2) \text{ Nerv } \underline{P \ p \ P \ H}$$

$$3) \text{ Nerv } \underline{P \ p \ H \ P \ H}$$

$$4) \text{ Nerv } \underline{P \ H \ p \ H \ P}$$

$$5) \text{ Nerv } \underline{P \ H \ p \ P \ H \ p}$$

$$6) \text{ Nerv } \underline{P \ H \ p \ p \ H \ P}$$

bei minder reizbaren Thieren, die erste, dritte und fünfte positiv, die zweite, vierte und sechste aber, wie mich häufige Versuche gelehrt, negativ. \*)

Eben so wichtig zur Hervorbringung Galvanischer Erscheinungen, als die Folge der Stoffe, ist die specifische Natur derselben. Dieser Gegenstand ist von andern Physikern bereits so weitläufig abgehandelt wor-

\*) Zur Erläuterung erinnere ich nur, daß die erste und zweite Formel der Hauchversuch selbst ist; in der zweiten und dritten kann man sich das  $H$  am Ende als einen unwesentlichen, zuleitenden Körper hinweg denken; in der vierten ist das heterogene Metall an beiden Flächen mit Feuchtigkeit belegt; in der fünften sind zwei heterogene, in der sechsten zwei homogene Metalle in unmittelbarem Contacte. Man vergleiche im fünften Abschnitt n. 3. g. 10. 2.



den, daß ich mich nur einiges neue hinzuzusetzen begnüge. — Bereits im vorigen Abschnitte habe ich gezeigt, daß die Benennung von Excitatoren \*) und Conductoren in dem Sinne, worin man sie jetzt fast allgemein gebraucht, auf falsche Voraussetzungen gegründet ist. Galvanische Versuche glücken, wenn diese sogenannte Excitatoren gar nicht vorhanden sind, und jeder Conductor kann unter gewissen Umständen, als Excitator, wirken. Dazu kommt noch der Umstand, daß jeder Excitator ein Conductor ist, daher man sich im Deutschen der Ausdrücke: bloß leitende und: leitende und reizende Stoffe bedienen sollte. Wie kann man aber Benennungen wählen, welche Ursachen determiniren, von deren Zusammenhange wir noch so gar nichts wissen! Herr Volta, welcher den Grund des Galvanismus in dem durch mehr als zwei Stoffe gehobenen Gleichgewichte der Elektricität sucht, bezeichnet Metall und feuchte Theile mit dem Namen Excitatoren der ersten und zweiten Klasse. Die Bologner Physiologen, welche den Stimulus in die thierischen Organe selbst setzen, hatten alle Zwischenglieder für Conductoren. Sollte aber aus den Organen ein Fluidum ausströmen, was, wenn es in Menge vorhanden ist, selbst (ohne Mitwirkung anderer Stoffe) Muskelbewegungen hervorbringt; wenn es schwä-

\*) Einige Physiker nennen das Metall, welche die Muskel- und die Nervenarmatur verbindet, also (nach Galvani) den Muskelleiter, ausschließlich den Excitator, auch wohl Entlader. Vergl. Pfaff a. a. O. S. 11.

cher ausdünstet, erst bei dem Durchgang durch andere Substanzen wirksamer wird; sollte ein solches Fluidum die Galvanischen Erscheinungen veranlassen, wären dann nicht beide Benennungen, die der Comer und der Bologner Schule, gleich unbestimmt? Waren nicht; im Zustande erhöhter Lebenskraft, bloß Nerv und Muskel; bei minderer Erregbarkeit, Nerv, Muskel und Metalle die Excitatoren? Es ist ganz gegen meinen Zweck, schon hier, ehe die Facta alle aufgezählt sind, von den Ursachen derselben etwas zu anticipiren. Theoretische Benennungen aber, welche der Naturlehre so oft schon Nachtheil gebracht, können nur durch Gründe widerlegt werden, welche aus der Theorie hergenommen sind.

Vorsichtiger und untadelhafter scheinen mir die Ausdrücke: verbindende, oder Zwischenglieder der ersten und zweiten Klasse. Sie gründen sich auf das einfache Factum, daß unter gewissen Umständen die unmittelbare Berührung organisch verbundener Muskeln und Nerven keine Contractionen hervorbringt, sondern daß dieselben erst erfolgen, wenn andere getrennte Substanzen eine Zuleitung von einem Organe zum andern bilden. Diese Substanzen sind alle regulinische, oder einfache \*).

\*) Einfache, bloß in Hinsicht auf den Umstand, daß sie nicht mit Oxygen verbunden sind. Seitdem man durch Herrn Richter aufmerklicher darauf geworden ist, daß Körper mit Ausschluss der oxygenirten Luft, zum Beispiel unter Wasser, auch leuchten; seitdem man den Lichtstoff dem regulinischen Metalle beilegt, und diesen Lichtstoff Phlogiston nennt, (um doch wieder

Metalle, oxydirter Braunstein, geschwefelte Metalle als Kupferkies, Schwefelkies, Arsenikkies, Bleiglanz, Glanzkobold, Zinnerz und Magneteisenstein, Holz und Steinkohle, Köhlenblende, Graphit; nach meiner neuesten Beobachtung, eine Abänderung des Lydischen Steins (vom Thüringer Waldgebirge) und Alaunschiefer; ferner Wasser und alle tropfbare Flüssigkeiten, ausser Oel; Morcheln, frisches, gekochtes und gebratenes Muskelfleisch, und andere im Zustande der Verdampfung befindliche thierische Substanzen. Bei erhöhter Erregbarkeit der Organe oder im Zustande grosser Reizbarkeit ist jeder dieser Stoffe gleich fähig die Wirkung des Nerven auf den Muskel fortzupflanzen, oder, um weniger hypothetisch zu reden, ein wirkames Glied zwischen dem Nerven und Muskel zu seyn. Bei minderer Reizempfänglichkeit aber, bei Versuchen mit matteren Thieren, erfolgen die Galvanischen Erscheinungen nur: wenn Körper der

ein phlogistisches System zu haben) seit dieser Zeit höre ich den verewigten Lavoisier oft des Irrthums zeihen; als habe er die Metalle für einfache Körper gehalten. Man vergißt aber, daß der große Mann seinen Begriff der Einfachheit bloß auf das Nichtabscheiden eines wiegbaren Stoffes gründete. Er hat gewiß nie daran gezweifelt, daß im regulinischen Eisen nicht das Radical der Elektricität und des Magnetismus, sammt dem Wärmestoff gebunden sey! Auf die Weise zählen wir in unsern chemischen Tabellen immer sehr unvollständig die Bestandtheile eines Körpers auf. Es möchte sich fast apodiktisch erweisen lassen, daß es keinen Stoff gebe, der in irgend einem Zustande nur aus zwei sogenannten Elementen zusammengesetzt sey.

ersten Classe (metall- und kohlenhaltige Stoffe) unter die Glieder der zweiten Classe, nach der in den positiven Formeln bestimmten Folge, gemengt sind.

**Regulinische Metalle.** — Die meisten Physiker, welche über den neuen Muskelreiz schrieben, haben ihre Untersuchungen fast bloß darauf eingeschränkt, den Vorzug zu bestimmen, welchen gewisse Metalle, in Betracht ihrer Wirksamkeit als Zwischenglieder, vor andern Metallen äußern. Man nennt diesen Vorzug bald Leitungsfähigkeit, bald Excitationskraft der Metalle, je nachdem man diese, oder jene Theorie befolgt. Es ist unbegreiflich, welche Verwirrung in den Begriffen von dieser Materie in den meisten Schriften über den Metallreiz herrscht. Man vergaß, daß die Bedingungen des Galvanismus sehr zusammengesetzt sind, um so zusammengesetzter, je schwächer die Erregbarkeit der Organe ist; daß, um genaue vergleichende Versuche zu machen, es auf einerlei Grad der Reizempfänglichkeit der Thiere, auf gleiche Temperatur, Isolirung und Form der Metalle, auf gleichartige Berührung derselben mit den thierischen Theilen ankommt. Man betrachtete die Nervenarmatur anfangs gar einzeln, ohne Rücksicht auf die Muskelarmatur, mit der sie wirkt; läugnete \*) den, nach meinen Versuchen so überaus wirksamen Verbindungen von Eisen, Blei, Kupfer und Kobalt mit Stanniol gar alle Excitationsfähigkeit ab, und stellte eine Menge falscher Thatfachen auf, weil man die Versuche nicht vor-

\*) S. Herrn Hecker's Behauptungen in der Medic. chir. Zeitung 1793. V. S. III.

sichtig genug vervielfältigte. Herrn Pfaffs Scharfsinn \*) war es vorbehalten, Licht über diesen wichtigen Gegenstand zu verbreiten, und durch sorgfältige Unterscheidung ähnlicher und unähnlicher Fälle richtige Tabellen über die Wirksamkeit der Metalle zusammenzutragen. Bei dem Gebrauche dieser Tabellen ist indess nie zu vergessen, daß die Erregbarkeit der Organe für den Effect der Reizung eine eben so nothwendige Bedingung, als der Wärmegrad für die Verwandtschaftstafel \*\*) ist. Man lasse sich nicht täuschen, wenn auch bei einem und demselben gefunden Thiere ein Organ zu verschiedenen Zeiten, oder verschiedene Organe zu einer Zeit Zuckungen zeigen, welche mit der sorgfältig ergründeten Kraft der Excitatoren in umgekehrtem Verhältnisse stehen. Der schwächere Stimulus ist auf einen empfindlicheren Theil wirkfamer, als der stärkere auf einen empfindlicheren. Herr Reil \*\*\* ) drückt sich hierüber sehr treffend aus: „*Cum enim quodvis organon singulaeque illius partes sua, ad suas functiones accommodatae, data fabrica polleant, minimaque fabricae differentia effectus vis motoriae mutet, quodvis organon, immo singulae illius partes propriis et diversis stimulis essent sollicitandae, ut inde verum iudicium de illius irritabilitate huiusque* „*gradi.*

\*) a. a. O. S. 45. 54. 63. 200. und 219.

\*\*) Antiphlogistische Anmerkungen zu Kirwan's Abhandlung vom Phlogiston 1791. S. 33, Klaproth's Beiträge zur chemischen Kenntniß der Mineralkörper, B. 1. S. 372.

\*\*\* ) Reil et Gautier *de irritabilitatis notionis, naturae et morbis* 1793. p. 68. et 70.

„*gradibus feratur*,„ und „*patet in ipso sano corpore irritabilitatem mutabili, non fixo gradu gaudere, eamque mox deprimi, mox exaltari, ideoque stimulos, ratione quantitatis et qualitatis eosdem, diverso tempore admotos, diversum mox majorem, mox minorem effectum producere*.„ Ich habe oft beobachtet, wie mir Zink und Gold bei der trägen aber frisch secirten Hausunke (*Rana portentosa* L.) schwächere Muskelcontractionen zeigten, als Blei und Silber bei tagelang abgelösten Froschschenkeln. Vor wenigen Tagen hatte ich aus Versehen mehrere Kröten (*Rana bufo* L.) mit Wasserfröschen einfangen lassen; sie waren überaus matt und ihr Nervus cruralis war nur für Zink und Silber empfänglich. Ich veränderte bloß den Zustand der Erregbarkeit der Organe, badete die Spitze des Nerven in oxygenirter Kochsalzsäure einige Secunden lang, und nun verursachten selbst Eisen und Blei heftige Zuckungen. Wer bloß den Galvanischen Versuch selbst, nicht aber meine Zubereitung des thierischen Organs beobachtet hätte, würde also leicht auf irrigte Begriffe über die relative Wirkungskraft jener vier Metalle, Zink, Silber, Eisen und Blei geleitet worden seyn.

Gekohlte und geschwefelte Metalle — Auch die Verbindung der regulinischen Metalle, zum Beispiel des Eisens, mit dem Kohlenstoffe raubt ihnen ihre Excitationsfähigkeit nicht. Ich habe oft reines (geschmeidiges) Eisen und gekohltes (Stahl), oder überkohltes (Gusseisen) versucht, und alle drei sehr wirksam gefunden. Ja! es scheint, als wäre das Eisen in gleichzeitiger Application mit Zink um so

geschickter, lebhafte Contractionen hervorzubringen, je mehr es mit Kohlenstoff gemengt ist. Das graueste Roheisen, in dem der Graphit, wenn die Ganz abgestochen ist, oft in sechsseitigen Tafeln beim Erkalten krySTALLISIRT, excitirt am heftigsten. Zwei wirksame Stoffe, Eisen, und Kohle, äußern darin ihre vereinte Kraft. Ich bin lange in dem Irrthume gestanden, als wenn auch das magnetische Fluidum eine, für den Galvanismus bemerkbare Heterogenität in den Metallen hervorbrächte. Ich sah matte Frösche, deren Nerv mit geschmeidigem Eisen armirt war, keine Contractionen leiden, wenn gemeiner Stahl der Muskelleiter war. Diese Contractionen erfolgten aber sogleich, als ich einen Magnetstahl \*) zur Nervenarmatur nahm. Ich glaubte nicht, daß die Ungleichartigkeit zwischen reinem und gekohltem Eisen geringer seyn sollte, als zwischen Stahl und Stahl, und suchte die Ursache der Erscheinung in dem magnetischen Fluidum selbst. Herrn de la Roche\*\*) wichtige Schrift über die Wir-

\*) Selbst Magneteisenstein, ist ein wirklicher Excitator, obgleich Herr Hecker beobachtet haben will, daß auch magnetische Mineralien überhaupt untauglich zur Hervorbringung von Muskularcontractionen waren. S. a. a. O. S. 3.

\*\*) *Analyse des fonctions du système nerveux pour servir d'introduction à un examen pratique des maux des nerfs à Genève* 1778. Leider! erst 1794, aber trefflich übersetzt von Herrn D. Merzdorf. Der Genfer Arzt versichert selbst gesehen zu haben, "daß der künstliche Magnet, auf Theile des Körpers aufgelegt die Transpiration desselben merklich vermehrt, an denselben die natürliche Wärme wieder herstellt, die selbst der wärmste Anzug nicht verschaffen konnte, atrophischen

kung des Magnets auf die thierische Oekonomie, und die so oft wiederholte Fabel, daß magnetisirtes Eisen Zahnschmerz und Magenkrampf in gewissen Fällen lindere, führte mich zu meinen Versuchen zurück. Für eine Kraft, der man kaum wagt, ein eigenes materielles Substrat zu geben, die sich nur durch Anziehen und Abstoßen, durch eine Lage, welche sie gewissen Stoffen mittheilt, äußert, über die man in vollen fünfzehnhundert Jahren auch fast gar nichts entdeckt hat, für eine solche Kraft wäre es gewiß interessant, sie einmal in einer neuen, gleichsam chemischen Wirkungsart zu überraschen.

Ich wählte zu meinen Versuchen einen magnetisirten Stahl, dessen kräftige Pole sehr glatt polirt waren. Ein Pol verhielt sich beim Galvanisiren wie der andere, und der ganze künstliche Magnet, wie jeder unmagnetische Stahl. \*) Ich fing daher an, jene

”und geschwächten Organen ihre Kraft wieder giebt, den Ton der Eingeweide und den Fluß der monatlichen Reinigung herstellt und Nervenzufälle heilt.” Der Verfasser hat sich selbst sogar ”durch den Magnet von einem flechtenartigen Ausschlag befreit, der ihm sehr lästig war.” — Man untersuche Facta durch Facta, aber vergesse den Denkspruch des großen Baco nicht: *Chymici e paucis experimentis ad foculum et fornacem novam Philosophiam excuderunt, et Gilbertus, popularis noster, novam Philosophiam e Magnete elicuit. (Op. omnia 1694. p. 21.)*

\*) Die seit Musschenbroek, Aepinus und Cigna so berufene Analogie zwischen Elektricität und Magnetismus brachten mich auf die Idee, beide Kräfte in ihrer Verbindung zu versuchen. Ich ließ elektrische Ströme durch einen künstlichen Magnet gehen, bemerkte aber nicht, daß seine Ziehkraft davon gemindert wurde. Die Ge-



oben bemerkte Heterogenität, nicht der magnetischen Kraft, sondern der zufälligen Ungleichartigkeit des Metalls zuzuschreiben. Ich fand, dafs, selbst bei mattern Thieren, nicht blofs magnetischer und unmagnetischer Stahl, sondern auch zwei Stahllarten, welche Theile eines Werkzeuges ausmachten, und im Aeußern auf gleiche Mischung schliessen ließen, Contractionen im Muskel hervorbrachten. Eine chemische Analyse der angewandten Stahllarten würde hiebei wenig entschieden haben, da (wie meine Versuche mit dem Lydischen Steine lehren) die Nerven von einem Minimum mehrern oder mindern Kohlenstoffs afficirt werden, das unsere chemischen Werkzeuge nicht angeben. Ich schlug daher einen andern Weg ein. Ich suchte zwei Stahlnadeln aus, welche so gleichartig in ihrer Mischung waren, dafs sie bei minder lebhaften Thieren keine Zuckungen erreg-

wichte, welche er trug, schwankten, weil sie mit im elektrischen Wirkungskreise hingen; der Magnet liefs aber keines derselben fallen. Diese Versuche lassen sich indess noch mannigfaltig abändern, ehe sie reine Resultate geben können. Man müßte beobachten, ob die Kraft eines Magnets abnähme, wenn er Wochen lang, täglich einige Stunden im elektrischen Bade hinge. Dafs heftige Schläge von der positiven und negativen Electricität der Kleistischen Flaschen Magnete auf einmal unmagnetisch machen; ist sehr bekannt und durch Analogie mit dem Blitze entdeckt worden. Ich bin aber überzeugt, dafs auch ein anhaltendes elektrisches Ausströmen langsam ähnliche Wirkungen hervorbringen kann. Seitdem Herr von Marum die grofse Entdeckung des gebundenen Wärmestoffs in der Electricität gemacht hat, scheinen elektrifiziren und glühen sehr analoge Erscheinungen zu seyn, und dafs das leiseste Erwärmen eines Magnets seine Ziehkraft mindert, ist eine sehr alte Beobachtung.

ten. Diese Zuckungen blieben ebenfalls aus, als trockner Silberdrath *c* (Fig. 48.) die Nerven- und Muskelarmatur *a*, *b* von Stahl berührte. Da nun jedes Eisen, welches mit einem Magnete in Berührung ist, so lange diese Berührung dauert, selbst magnetisch wird, so hielt ich einen künstlichen Magnet an die Stahlnadel *a*. Die magnetische Kraft wurde auf die Art durch *c* gehindert nach *b* überzufließen, und das Thier war jetzt mit einem magnetischen Metalle armirt. Aber das magnetische Fluidum brachte für den Galvanismus keine Ungleichartigkeit der Mischung hervor, und die Schenkelmuskel blieben unbewegt. Ich verwandelte nun die Armatur *a* durch Bestreichen in einen künstlichen Magneten, selbst die Politur der Nadel hatte davon gelitten, (ein Umstand, der für den Begriff der Heterogenität sonst überaus wichtig ist) aber auch nun erfolgten keine Muskelbewegungen. Mehrerer Versuche bedurfte es wohl nicht, um zu zeigen, daß die Wirkungen der magnetischen Kraft auf die belebte thierische Materie sich bis her dem Beobachter noch nicht sinnlich darstellen lassen. \*) Wenn sie aber auch unfern

\*) Durch einen freundschaftlichen Brief des Herrn Sömmering bin ich von einem Versuche benachrichtigt worden, in welchem der erwärmte elektrische Schörl (Turmalin) eine ganz auffallende Wirkung auf die Nervenfasern äußern soll. Ich habe sogleich thierische Organe auf mannigfache Weise mit diesem Fossil behandelt, aber keine andere Erscheinung dabei bemerkt, als die, daß der Turmalin, wenn seine Elektrizität erregt ist, den Nerv (wie jeden andern leichten Körper) anzieht, ein Factum, das man freilich schon zu des Arabers Ser a-

Sinnen entgehen, so ist ihre Existenz deshalb nicht zu läugnen. Alle Kräfte in der Natur wirken gegenfeitig in einander; in dem grofsen Gemische irdifcher Stoffe ist kein einzelner, der isolirt steht; wird aber schon jedes Element durch das andere modificirt, wie viel wahrscheinlicher ist es nicht, dafs ein so zusammengesetztes Aggregat verschiedenartiger Elemente, als die thierische Maschine ausmacht, von allen Objecten und Kräften der äufseren Sinnenwelt mannigfaltig erregt wird. Jedes dieser Objecte ist gleichsam ein Stimulus für die reizempfindliche belebte Fafer, und wenn gleich kein Versuch es sinnlich erweisen kann, so ist es aus analogen Beobachtungen doch eben so wahrscheinlich, dafs die Farbe eines Resonanzbodens den zurückgegebenen Schall modificirt, als dafs der schwächste Magnet in der Nähe eines belebten Thier- oder Pflanzenkörpers die Aeufferungen seiner Lebenskraft, die Schnelligkeit seiner Assimilation, den Umlauf seiner Säfte und andere vitale Functionen modificirt.

Unter den vererzten Metallen hat Herr Pfaff den Kupferkies, Schwefelkies, Arsenikkies, Bleiglanz, Glanzkobalt und den Zinnstein, als wirkfame Zwischenglieder beim Galvanischen Versuche entdeckt. Kupferglas, Zinnober und Blende stör-

pions Zeiten kannte. Von jeher sind dem elektrischen Schörl sonderbare Eigenschaften beigelegt worden. Vor swanzig Jahren behauptete man öffentlich, die *Mimosa pudica* zöge, in Berührung mit Siegellack und Turmalin, ihre Blätter nicht zusammen, und Herr Ingenhousz mufste diese Meinung ordentlich widerlegen.

ten die Contractionen, wenn sie in die Kette traten. Eben so störend fand ich Weifs- und Grünbleierz, graue Bleierde, Raafen-Eisenstein, fasrigen braunen Eisenstein, Spat-Eisenstein, Kornisch Zinnerz, Malachit, Kupferlasur, dunkel und lichte Rothgültigerz und Pecherz. Ich glaube, dass dieser Unterschied zwischen wirkamen und unwirkamen Erzen in dem Zustande der Oxydation gegründet ist, in welchem sich ein Metall befindet. Im Schwefelkiese und Bleiglanze ist regulinisches, einfaches Eisen und Blei mit Schwefel; im Rothgültigerz, ist nach unsers grossen Klaproth Entdeckung, \*) Silberkalk mit Schwefelsäure verbunden. Die Erze, welche regulinische, geschwefelte Metalle enthalten, haben vollkommen metallischen Glanz; \*\*) die Erze, in welchen das Metall mit Sauerstoffe mehr oder weniger gesättigt ist, zeigen nach diesem Grade der

\*) Crells Annalen 1792. St. 1. Bergm. Journ. 1792. S. 141. *Annales de Chymie* 1793. Tome 18. p. 81. (Rozier Journ. de Physique 1793. Oct. p. 291.) und in Herrn Klaproths klassischem Werke: Beiträge zur chemischen Kenntniss der Mineralkörper B. 1. S. 151.

\*\*) Auch in dem Eigenthümlichen des metallischen Glanzes scheint mir, wie in den meisten optischen Phänomenen, noch viel Räthselhaftes. Man schreibt es allgemein (Macquers chem. Wörterbuch, B. 4. p. 198.) der grossen Dichtigkeit der Metalle zu. — Aber woher der oft vollkommen metallisch glänzende Glimmer? — Was geht in feichten Sumpfwässern vor, deren Oberfläche mit halbmetallischen, speigelson und bergblauen Farben schillert? Was ist das metallisch glänzende am Gefieder der Schmetterlinge und den Flügeldecken so vieler Insecten?

Oxydation, verschiedenartige bunte Farben. Beispiele davon geben Kupferlafur, Malachit oder Weißbleierz und Kupferkies; Eisenglanz oder Arsenikfilber. Buntangelaufene Metalle sind gleichsam die erste Stufe der Oxydation. Ich habe oft bemerkt, daß diejenigen Stellen einer Silberplatte, welche mit blauen und gelben Lichtstrahlen schillerten, fast gar keine Galvanische Erscheinungen hervorbrachten. Eben so mindert das Anblasen des regulinischen Zinks mit heißen (leicht zersetzbaren) Wasserdämpfen seine Excitationskraft. Der geringste Grad der Säuerung äußert sich schon durch Modification des metallischen Glanzes. Je mehr die Säuerung zunimmt, je inniger die Verbindung des Metalls mit dem Oxygene ist, desto mehr nimmt die Capacität eines Körpers für den Wärmestoff, seine Eigenschaft, idioelektrisch zu seyn, zu; desto mehr nimmt seine Elektricität- und Wärmeleitende Kraft\*) ab, desto mehr

\*) Wie die Wärmeleitende Kraft eines Körpers und dessen Capacität mit seiner Oxydation ab und zunehmen, habe ich an einem andern Orte zu erweisen gesucht. S. *Crells Annalen* 1792. B. 1. S. 423. — *Rozier Journ. de Physique* 1793. Oct. p. 304. und meine Abhandlung über Construction der Salzpöfannen im *Bergm. Journal* 1792. Febr. S. 120. Die Einwendungen, welche man neuerlichst gegen die, von Herrn Mayer gegebenen Formeln, die auch meinen Berechnungen zum Grunde liegen, gemacht, scheinen mir nicht deutlich genug entwickelt. Die Mayerischen Formeln über Wärmeleitung stimmen mehr mit der Erfahrung überein, als es bei so mangelhaften Angaben der specifischen Gewichte und Wärmen zu vermuthen war, und ich wundere mich, daß Herr Gren die Uebereinstimmung für zufällig hält.

entfernt er sich vom metallischen Glanze, wird undichter, durchsichtiger, und wirft getheilte Lichtstrahlen, das heist, bunte Farben zurück. Wird das Metall endlich ganz mit Oxygen gesättigt, so nimmt die Brechung der

(Grundriss der Naturlehre 1793. §. 743.) Ein Hauptnutzen, welchen man aus der Mayer'schen Entdeckung für die Physik ziehen kann, scheint mir der zu seyn, wo directe Erfahrungen über Wärmeleitende Kraft  $L$  zweier Körper vorhanden sind, aus der Formel

$$L = \frac{1}{pc}, \text{ die specifische Wärme } c = \frac{1}{pL} \text{ zu berechnen,}$$

und so die Crawford'schen Angaben zu prüfen. Dafs diese Angaben noch immer unendlich schwankend und unbestimmt sind, haben mich mehrere Prüfungen gelehrt. (Vergl. auch Gehlers Wörterbuch, Th. 4. S. 577.) Die Wärmeleitende Kraft des Flintglases, zum Beispiel, ist wie der Collecteur du feu der Herren Saufsure und Ducarla' und zahllose tägliche Erfahrungen lehren, sehr geringe. Crawford giebt seine Capacität aber auf 0,174 an. Nimmt man dazu sein specifisches Gewicht = 3,150 und die relative Wärme = 0,548, so folgt daraus die Leitungskraft des Flintglases = 1,824. Diese Kraft übersteigt demnach die des Goldes, Silbers, Bleikalkes, ja selbst die des Spiegels. Die Angabe der Capacität mufs daher wohl irrig seyn! Noch auffallendere Widersprüche geben die Angaben von der specifischen Wärme der atmosphärischen Luft und ihrer nach dem Graf Rumford (Benjamin Thompson) so geringen Leitungskraft. Diese beträgt 80, wenn Quecksilber = 1000 ist, also auf Wasser reducirt = 0,253. Für tropfbare Substanzen, wobei man auf die Massen und die specifische Wärme des Quecksilberthermometers und des Gefäßes, in dem sie eingeschlossen sind, nicht Rücksicht nimmt, kann das Mayer'sche Gesetz  $c = \frac{1}{pL}$  dienen. Bei elastischen Fluiden aber ist (Versuch über den Wärmestoff S. 262.) diese Berechnung nur dann möglich, wenn jene Massen und specifischen Wärmen des Gefäßes  $m$  und  $\alpha$  und die

Lichtstrahlen wieder ab, und der Körper erscheint meist von weißer Farbe. Eben dieses Phänomen glaube ich im Pflanzenreiche bemerkt zu haben, wo ebenfalls die Kronenblätter (petala) und diejenigen Theile, welche nicht ausathmen (und in de-

des Thermometers  $\mu$  und  $\alpha$  bekannt sind. Denn bei diesen darf man die Größen  $m$ ,  $\mu$ ,  $a$  und  $\alpha$  gegen  $\frac{1}{pc}$  nicht verschwinden lassen. Nach des scharfsinnigen Graf Rumfords Versuche ist daher  $\frac{1}{pL} = 3214$ . Die wahre Capacität der atmosphärischen Luft wäre demnach  $= 3214 - \frac{ma - \mu\alpha}{p}$ . Freilich ist der Werth von  $p$  (das specifische Gewicht) in dieser Formel sehr geringe, da aber der Werth von  $\frac{1}{pL}$  so ungeheuer groß ist, so vermute ich entweder, daß die Capacität der Luft um vieles größer ist, als sie Herr Crawford angiebt, oder daß, wie auch ein Versuch des vortrefflichen Physikers Pictet (Ueber das Feuer S. 115. Anmerkung) lehrt, Luft ein besserer Wärmeleiter als Wasser ist. Hat Herr Crawford doch schon zwei Angaben über die Capacität der oxygenirten Luft bekannt gemacht, von denen eine 87,000, die andere aber 4,749 beträgt! Es scheint mir ungemein wichtig zu seyn, auf diese Umstände aufmerksam zu machen, da Berichtigung physikalischer Begriffe mehr Werth, als ihre Erweiterung hat. Mein verewigter Freund Herr Gehler glaubt, (Phys. Wörterbuch Th. V. S. 954.) daß das von mir behauptete Gesetz, die Capacität eines Körpers werde nach Verhältniß seiner Oxydation vermehrt, mit dem Crawfordischen Satze, daß Entziehung des Phlogistons die Capacität verstärke, übereinkomme. Beide Vorstellungen sind aber sehr verschieden, und geben nicht, wie das Multipliciren zweier positiven und negativen Factoren, gleiche positive Producte. Herr Crawford nimmt Entweichungen des Phlogistons an, wo das neue System wohl eine Säuerung, nicht aber eine Verbindung des Oxygens, mit dem zu-

nen sich der, aus dem zerfetzten Wasser gezogene Sauerstoff anhäuft.) alle Farben der metallischen Kalche annehmen. Da unsere Art, mineralische Stoffe chemisch zu untersuchen, auf dem trocknen Wege das Oxygen der das Feuer umgebenden Luft, auf dem nassen Wege das Oxygen des Wassers und der Säuren in Berührung mit dem zu zerlegenden Körper bringt; so ist es fast unmöglich aus den Producten der Analyse zu schließen, ob Metalle oder Schwefel rein und einfach, oder leise oxydirt in den Erzen enthalten waren. Um so wichtiger scheint es mir, seine Aufmerksamkeit auf die Farben und den Glanz metallischer Substanzen zu richten, um daraus nach analogen Schlüssen etwas über den Zustand ihrer Oxydation zu folgern. Eben dieser Zustand scheint zugleich

rückbleibenden fixen Körper annimmt, dessen Capacität untersucht wird. So leidet z. B. mein Gesetz nicht im mindesten von der Einwendung, durch welche Herr Gehler (Wörterbuch Th. IV. p. 581.) das Crawfordsche umstößt, nemlich von dem Widerspruche, daß die Capacität der Steinkohlensäure geringer, als die der ungebrannten Steinkohle ist. Die erstere sollt weniger Phlogiston (wenn es eines giebt!) enthalten, nicht aber mehr Sauerstoff. Die Kohle verbindet sich im Brennen mit dem Oxygene der Atmosphäre, und aus dieser Verbindung entsteht Luftsäure, welche sogleich entweicht. — Zur Vervollständigung dieser Materie füge ich noch zwei Bemerkungen hinzu; erstlich daß ich die geringe Wärmeleitende Kraft der Asche, welche für den Techniker so wichtig ist, bereits beim *Aristoteles Problem.* Sect. XXV. 17. angezeigt finde; und zweitens, daß einerlei Substanzen wohl darum oft gleich vollkommene Leiter des Wärmestoffs und der Elektricität sind, weil die elektrische Materie größtentheils aus gebundenem Wärmestoffe besteht.



das Kriterium zu seyn, nach welchem Erze, als wirkfame oder unwirkfame, Zwischenglieder der Galvanischen Kette zu betrachten find.

Oxydirter Braunstein — Auffallend ist es in der That, daß diese einzige Verbindung eines Metalls mit Sauerstoff vollkommene Leitungskraft für das Galvanische Fluidum äußert. Herr Pfaff hat dieselbe beim strahligen und dichten Grau-Braunsteinerze bemerkt. Ich selbst habe durch Armirung der Nerven mit dem kleinierenförmigen und ftaudenförmigen Schwarz-Braunsteinerze von Grofskamsdorff und Könitz, mittels eines Muskelleiters von Silber, die lebhaftesten Bewegungen erregt. Dem Schwarz-Braunsteinerze ist aber (wie ich durch einfache Versuche gefunden) außer dem Eisen, auch Kohlenstoff wesentlich beigemenget, und da wir seit Herrn Volta's und Blumenbachs Entdeckung die Excitationskraft der Kohle kennen, so ist es mir sehr wahrscheinlich, daß bei meinen Versuchen nicht der oxydirte Braunstein, sondern der Kohlenstoff wirksam war. Könnte nicht eben dieser Umstand bei dem Grau-Braunsteinerze statt finden? Es ist bekannt, daß alle Braunkalken geglüht ein Gemenge von oxygenirtem und kohlenfaurem Gas geben; daher man bei Arbeiten, wo man mehr die Kohlenfäure, als das Azote vermeiden will, zur Erhaltung der Lebensluft sich lieber des Salpeters, als des Braunkalks, bedient. Sollte die Kohlenfäure schon ganz im Kalken präexistiren, sollte nicht auch dem Grau-Braunsteinerze Kohlenstoff beigemenget seyn, der

in Berührung mit dem entweichenden Sauerstoffe sich zur Luftsäure bildete? Sollte der auffallende metallische Glanz, welchen der graue Braunteinkalch zeigt, nicht von dieser Verbindung mit Graphit herühren? Wenigstens fand ich mehrmals, wenn ich Kiefelder strahliges Grau - Braunteinerz in Mineral-säuren auflöste, einen unauflöslichen Rückstand, welcher nicht die, von Bindheim beobachtete Kiesel-erde war, sondern (wie beim Schwarz-Braunteinerze) Kohlenstoff zu seyn schien. Geübtere chemische Analytiker werden hierüber entscheiden; denn für die Gesetze des Metallreizes ist es ein un-gemein wichtiges Problem, ob reine Braunteinkalche eine Kraft haben, welche allen andern Metallkalchen zu fehlen scheint. Der oxydirte Brauntein, den unsere Apotheken käuflich liefern, ist völlig unwirk-sam. Meine Muffe hat es mir noch nicht erlaubt, einen möglichst reinen Braunteinkönig zu schmelzen, und diesen künstlich zu verkalchen. Auf dem Wege würde die Rechtmäßigkeit meiner Zweifel am leichtesten zu ergründen seyn.

Holz- und Steinkohle, Kohlenblende, Graphit. — Die wichtige Entdeckung über die Holzkohle gehört dem großen Physiker von Como, Volta, nicht aber Herrn Fontana, welchem man sie in Paris \*) zuschrieb, weil dieser die erste Nach-richt davon an Delametherie gab. Es ist be-kannt, daß nur wohlausgebrannte Kohlen Excitations-kraft zeigen, doch ist mir der Pfaffsche Versuch \*\*)

\*) *Roz. Journ. de Physique* 93. p. 292.

\*\*) *S. a. a. O. S.* 48. und 216.

durch neues Glühen einer nicht reizenden Kohle die reizende Eigenschaft zu geben, nur selten glücklich. Ich stelle mir vor, daß der Zustand der Umhüllung, in welchem das Hydrogen den Kohlenstoff hält, diesen letztern zu den Galvanischen Erscheinungen unfähig macht. Ich habe deshalb die Versuche wiederholt, zu denen mich Herrn Berthollet's Abhandlung in den *Annales de Chymie* (1790 Th. VI. p. 238.) über das Schwarzwerden der Baumrinde schon ehemals veranlasste, und welche ich am Ende meiner Aphorismen aus der chemischen Pflanzenphysiologie beschrieben habe. Ich setzte blendend weiße Spähne von Kieferholz (*Pinus sylvestris* L.) unter eine Glocke mit Lebensluft, welche von der Luftsäure sorgfältig gewaschen war. Die Temperatur des Zimmers war 18 Grad Reaum. Nach fünf Stunden fing das Holz an zu schwitzen, oder mit Wassertropfen bedeckt zu seyn. Nach vierzehn Stunden zeigten sich schwarze flammige Streifen, wo das Wasser herabließ. Diese Streifen nahmen in zwei Tagen beträchtlich zu. Ich untersuchte die mit Quecksilber gesperrte Luft in der Glocke, und fand (was Herr Berthollet nicht bemerkte) deutliche Spuren von Kohlenensäure in der Lebensluft. In dem fiberösen Theile des Holzes ist Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff, Bittersalzerde, Kalcherde, vielleicht (wenn man, trotz der widerstehenden Versuche eines Marggraf und Wiegleb, das nach der Verbrennung übrige Pflanzenalkali größtentheils als neu entstanden betrachtet) auch Azote enthalten. Der Wasserstoff scheint bei

einerlei Temperatur nähere Affinität zum Sauerstoffe, als der Kohlenstoff zu haben, daher sich zuerst Wasser und dann erst Kohlenäure bildet. Der Kohlenstoff mit Erden \*) verbunden und vom Hydrogen enthüllt, \*\*) stellt sich in seiner schwarzen

\*) Reiner Kohlenstoff als fester Körper dargestellt, ist wahrscheinlich nicht schwarz. Crell's Annalen 1795. S. 118. Ueberhaupt glaube ich, daß keine Farbe irgend einem Elemente eigenthümlich ist. Der einfache Schwefel ist gelb, wie die Verbindung von Blei mit Wasserbleisäure. Der Sauerstoff modificirt die Farben, nur weil er das Oberflächenansehen der Körper ändert. Vielleicht könnte jeder einfache Körper jede Farbe zeigen, wenn man ihn nach allen Graden der Dichtigkeit, Dünnsflüssigkeit u. s. f. erstarren lassen könnte.

\*\*) Umhüllt nenne ich einen chemischen Bestandtheil eines Körpers, wenn er mit einem andern so verbunden ist, daß jener, (der umhüllt e) durch diesen gehindert wird, die ihm isolirt zukommenden Eigenschaften zu äussern. Die Ursache dieser Hinderung liegt gewiß nur darin, daß sich die Affinität der umhüllenden Substanz  $\alpha$  gegen die umhüllte  $\beta$  wirksam zeigt, und daß daher, wenn  $\alpha + \beta$  in Verhältniß zu einem dritten Körper tritt, das Spiel einer zusammengesetzten Verwandtschaft anfängt. Was ich Umhüllung nenne, mag sich also wohl auf den allgemeinen Begriff der Bindung reduciren; unsere chemischen Kenntnisse sind aber noch nicht vervollkommenet genug, um aus dem, was wir von den Affinitäten und dem Ineinanderwirken der Stoffe wissen, jene Erscheinungen erklären zu können. Auffallend z. B. ist es, daß im Späthelle 15 Theile Kiesel-erde gegen 76 Theile Thonerde dem Fossile alle Kennzeichen einer Gattung aus dem Kieselgeschlechte geben, während daß sich im Thonschiefer nur 26 Theile Thonerde gegen 46 Theile Kiesel-erde finden. So enthält der Amianth nur 0,18 Talkerde gegen 0,64 Kiesel-erde und eine Thongattung, der Chlorit 0,06 Thonerde gegen 0,39 Talkerde. Alles was die Oryktognosten der Werner'schen Schule von charakterisirenden Bestandtheilen und von dem

Farbe dar, und — diese schwarzen Streifen wurden nun zu Nervenversuchen angewandt. Ich präparirte den Cruralnerv eines lebhaften Laubfrosches, und brachte denselben in Berührung mit den geschwärzten Stellen des Holzes. Die Verbindung mit dem Muskel geschah durch Gold. Nach langen vergeblichen Versuchen fand ich Holzstreifen, welche heftige Contractionen erregten. Bedarf es eines deutlicheren Beweises für meine Vermuthung, daß die leiseste Umhüllung mit Wasserstoff dem Kohlenstoffe in der weniger ausgebrannten Holzkohle die excitirende Kraft raubt? Ja! ich war noch glücklicher. Ich äusserte in meinen Aphorismen über

Eintheilungsgründe der Geschlechter angeben, beziehet sich auf die Idee eines umhüllenden Stoffes. Aber bei den unterirdischen Gasarten sind die Wirkungen der Umhüllung auf specifisches Gewicht, Respiration, Brennen der Lichter u. f. f. noch weit problematischer. S. meinen Brief an Herrn Lampadius in Crell's Annalen 1795. B. 2. St. 8. S. 104. und 100. — Drei Körper *a*, *b* und *c* können aus gleichen Quantitäten Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff und Metall zusammengesetzt und in ihrer Natur doch unendlich verschieden seyn. In *a* kann ein Theil des Wasserstoffs frei, ein anderer den Kohlenstoff umhüllend, sich dem öhlichten Zustande nähernd, vorhanden seyn. In *b* kann ein Theil Stickstoff an den Sauerstoff als ein schwaches Salpeterfaures, und dieses an das Metall gebunden seyn. In *c* bildet etwas Wasserstoff mit dem Azote vielleicht Ammoniak und das Metall ist leise oxydirt. Unsere analytische Chemie giebt über die specifischen Bestandtheile der Körper und ihre quantitativen Verhältnisse richtige Aufschlüsse; in den Kunstgriffen aber, die relative Umhüllung der Elemente zu prüfen, sind wir noch weit zurück.

über die Pflanzenphysiologie \*) bereits die Idee, daß der Brand der Bäume (*uredo*) entweder von dem Sauerstoffe der Atmosphäre, oder von dem Sauerstoffe, welchen die kranken Gefäße in Uebermaafs durch die Säfte zuführen, herrühre. Ich stellte mir vor, daß im lebenden Baume eben die Enthüllung des Kohlenstoffs vom Wasserstoffe vorgehe, welche ich unter meinen Glocken beobachtete. Jetzt hat sich diese Vermuthung durch die Galvanischen Versuche auffallend bestätigt. Ich nahm Holz, das aus der Brandwunde eines alten erkrankten Maulbeerbaums ausgeschnitten war, und bediente mich seiner zur Nervenarmatur. Ich fand Stücke darunter, welche Muskelbewegungen in Verbindung mit Silber erregten, ob sie gleich keine Spur abfärbender Kohle zeigten. Zuletzt versuchte ich noch die schwarzen Streifen, welche das Holz theils unter Wasser, besonders bei Einwirkung des Sonnenlichtes, theils mit concentrirter Schwefelsäure betröpfelt, annimmt, und welche ebenfalls als das Resultat einer Wasser- und Säurezersetzung und eines enthüllten Carbons zu betrachten sind; aber mit diesen Stoffen wurde ich in meinen Hoffnungen bisher noch getäuscht.

Als Herr Volta die erste Nachricht von seinen Versuchen mit der Holzkohle den Bologner Physikern ertheilte, stellte der dortige Professor der Chemie, Aloysio Laghi, \*\*) welcher auf päßtlichen

\*) Auch Gehlers Wörterbuch, Th. V. S. 694.

\*\*) Johann. Aldini *de animali electricit.* 1794. p. 15. u. 16.  
„ea quae generatim cum fossili carbone bi-

Befehl eben neue, in der Romagna entdeckte Steinkohlen analysirte, Galvanische Versuche mit diesen an. Sie mißglückten ihm sowohl, als Herrn Aldini, welcher mit englischen Steinkohlen experimentirte. Sie fielen, durch ihre elektrische Nerventheorie geleitet, auf die Idee, daß das beigemengte Bitumen die Excitationskraft hindern könne, und schwefelten die Steinkohlen ab. Augenblicklich waren dieselben nun zur Hervorbringung Galvanischer Erscheinungen geschickt. Ja! man konnte in einem Stücke Coak deutlich diejenigen Stellen, welche gehörig ausgebrannt waren, von denen unterscheiden, welche das Feuer weniger getroffen hatte, und welche daher das Galvanische Fluidum in seinem Umlaufe aufhielten. \*) Wer häufig bei dem fälschlich fogenannten,

„tuminosa substantia juncta est, omnem carboni adimit vehendae animalis electricitatis potestatem. Propositam conjecturam firmavit eventus: torrefactos fossiles carbones, cum nostrates, tum anglicos, adhibuimus, qui armaturam statim praebuerunt commodissimam; aberant quippe ignis actione a carbone idioelectrica principia, quae animalis electricitatis excursionem antea morabantur.“

\*) „Interea vero phaenomenon accidit, in quo maxime electricitatis ingenium eluxit: nimirum cum spinali medullae torrefactos fossiles carbones subjiceremus, atque arcus a musculis ad carbones fieret, statutis quibusdam punctis exoriebatur constanter contractio, aliis negabatur semper: nempe in eodem carbone ignis actio partes alias deferentes fecerat, alias quod uberiori bituminoso scaterent principio idioelectricas relinquerat.“ Aldini l. c.

oft sehr entbehrlichen Abschwefeln der Steinkohlen zugegen war, wird oft, wenn der niedrige Meiler aufgebrochen ist, die schönsten klingenden, (blumenkohlähnlichen oder staudenförmigen) Coaks mit metallisch glänzenden Blättchen von Graphit bedeckt gefunden haben. Je glänzender diese Oberfläche des Fossils ist, desto vollkommener ist die Operation der Röstung geglückt, desto freier und reiner hat sich der Kohlenstoff zusammengezogen. Der Versuch der Herren Lagni und Aldini bezieht sich also wieder auf Enthüllung des Carbons! Ich selbst habe aber auch Steinkohlen gefunden, welche, so wie sie aus ihrer natürlichen Lagerstätte kommen, des freien Kohlenstoffs genug enthalten, um wirkliche Zwischenglieder der Galvanischen Kette zu seyn. Dahin gehören nicht die flachmuschelige Kennelkohle, nicht Pech- Glanz- und Moorkohle, wohl aber manche Abänderungen deutscher Schiefer-Blätter- und Grobkohlen. Besonders geschickt sind dazu die obern Lagen gewisser Steinkohlenflöze, welche dicht unter dem Dache (sey es Brandschiefer, oder Schieferthon) prismatische Stücke wahrer, oft abfärbender saftiger Holzkohle, nach Art des Trümmerporphyrs, eingewachsen enthalten. \*) Diese Steinkohlen erwecken, als Nerven- und Muskelleiter, also mit homogener Armatur, oft lebhaftere Contractionen, als alle Pflanzenkohlen.

\*) Diese sonderbare, wie es scheint bisher übersehene Formation wird in meiner geognostischen Schrift über Construction des Erdkörpers im mittleren Europa (an deren Vollendung ich diesen Herbst zu arbeiten gedenke) weitläufiger beschrieben werden.



Die Braunkohle naht sich dem, durch Zersetzung der Schwefelsäure schwach verkohlten Hölze, und schien mir, wie dieses, unwirksam. Dagegen waren gewisse Abänderungen der Kohlenblende, welche ich bei Servoz in Savoyen sammelte, der Holzkohle an Excitationskraft gleich. Dieses in Frankreich schon seit zwanzig Jahren bekannte, von einigen deutschen Oryktognosten aber jetzt als neu angegebene Fossil, ist als eine gekohlte Kiesel-erde \*) zu betrachten, und da ich gefunden, daß selbst vieler, wo nicht aller Thonschiefer \*\*) mit Kohlenstoff gefärbt ist, so muß man über das Vorkommen der Kohlenblende auf Gängen und als Lagen in uranfänglichen Gebirgen weniger erstaunen. Dagegen ist es auffallend, wenn man die excitirende Kohlenblende mit der unwirksamen Kennelkohle vergleicht, wie jener die Beimischung der (sogenannten idioelektrischen, verglasenden) Kiesel-erde \*\*\*) die Excitationskraft weniger raubt, als

\*) Wiegleb in Crells Annalen 1790. B. 2. S. 29. Roz. Journ. de Physique T. 36. p. 55. Die Beimischung von Thon- und Kalkerde ist sehr geringe, beide betragen zusammen 0,02 gegen 0,13 Kiesel-erde.

\*\*) Crells Annalen 1795. S. 118.

\*\*\*) Herr Birnbaum, königl. preuss. Hütten-schreiber zu Tarnowitz, ein Mann, dessen langjährigem freundschaftlichen Briefwechsel ich so manche chemische Kenntniß verdanke, und den seine praktischen metallurgischen Arbeiten hindern, sich als einen trefflichen chemischen Analytiker öffentlich zu zeigen, entdeckte in Oberschlesien eine Thonlage, in der sich Kiesel- und Thonerde ebenfalls in gekohltem Zustande befand. Der Formation nach ist sie als zerreibliche Erde, was die Kohlenblende

dieser die Umhüllung des Kohlenstoffs mit Hydrogen. Die Abwesenheit des Hydrogens aber in den Kohlenblenden schliesse ich daraus, daß dieselben in der trocknen Destillation, keine Spur von Oel, oder Gas hydrogène pesant geben, eine Lustart, welche sich aus allen wasser- und kohlenstoffhaltigen vegetabilischen Substanzen entwickelt, und welche den ältesten Scheidekünstlern, einem van Helmont und Hales, schon bekannt war.

Ueber die Wirkfamkeit des Graphits beim Galvanisiren haben die Herren Blumenbach und Delametherie \*) die ersten interessanten Versuche geliefert. Ich vermuthe, daß die wesentliche chemische Beimischung (nicht Beimengung) des Eisens zum Kohlenstoff des Graphits, demselben die ausgezeichnete Wirkfamkeit in Erregung von Muskelbewegungen ertheilt, ja daß sie den Nachtheil gleichsam aufhebt, welchen das ebenfalls in ihm gebundene Hydrogen hervorbringt. Denn wenn auch das brennbare Gas, welches Scheele erhielt, von dem im Alkali enthaltenen zeretzten Wasser herrührt, \*\*) so beweisen doch van der Monde's, Mongé's und Berthollet's Versuche \*\*\*) unter Glocken mit Le-

als Stein ist, und ich vermuthe, daß sie ebenfalls Wirkung auf die Muskelbewegung äussert.

\*) Pfaff a. a. O. S. 49. Roz. Journ. 1793. p. 293.

\*\*) Wie Herr Gren glaubt in seinem Handbuche der Chemie 1795. T. 3. S. 40.

\*\*\*) Crells Annalen 1794. S. 525. Versuche mit Schwefelsäure lehren, daß das Reifsblei aus Kohlenstoff, Eisen, Wasserstoff, Thon und Kalkerde besteht. Zur Erklärung vieler geognostischen Phänomene wäre es wichtig, wenn

bensluft im Brennpuncte des Tischirnhäuflichen Brennspiegels, die Existenz des Hydrogens im Graphit. Die excitirende Kraft dieser Substanz ist so groß, daß sie in den kleinsten Quantitäten den mächtigsten Stimulus aniebt. Ich hatte beim Galvanisiren einer kleinen Hausmaus Brocken eines Graphits vor mir, welche Herr Freiesleben in unserm Gebirge zwischen Berneck und Geffenreuth als Lager im Glimmerschiefer (also analog der Formation, welche wir am Montblanc im Chamounythale bemerkten) neuerlich entdeckt hat. Ich bestrich ein Plättchen Elfenbein mit diesem Fossile, und sahe deutliche Contractionen, wenn der Nervus popliteus des Thierchens auf dem gefärbten Striche lag, und der silberne Muskelleiter eben diesen Strich berührte. Ich stellte folgenden Versuch an, um die Erscheinung in noch größerer Feinheit darzustellen: Auf dem Elfenbeine waren (Fig. 49.) zwei Streifen *a* und *b* mit Graphit gefärbt. Auf *a* lag der Nerv, auf *b* war der Muskelleiter aufgesetzt. Der Fuß blieb unbewegt, weil die Zuleitung von *a* nach *b* fehlte. Ich zog nur einen Verbindungsstrich *ab*, trug das Reißblei etwas dick auf, und nun traten die Contractionen ein. Auch war das Galvanisiren wirksam, als ich das Fossil pulverte, den Nerv darin umrührte, und nun mittels einer wohlausgebrannten Kohle den glänzend gewordenen Nerven mit dem musculus gastro-cnaemius verband.

es in der Folge glücken sollte, Hydrogen in Gebirgsarten, das heißt mit metall- und kohlenstoffleeren Erden gebunden zu entdecken.

**Lydischer Stein.** — Selten hat mich irgend eine physikalische Erscheinung so überrascht, als die Wirksamkeit dieses Fossils, welche ich im Frühlinge 1795 zufällig entdeckte, und welche die feine Erregbarkeit thierischer Organe für die kleinsten Stimuli in ihrer ganzen wunderbaren Klarheit zeigt. Ich habe dieser Erscheinung schon an andern Orten vorläufig gedacht, \*) hier aber ist der schicklichste Ort sie umständlich zu beschreiben. Fowler's Versuche mit Erzen hatten mich veranlaßt, meinen ganzen Vorrath von Fossilien zur Erregung von Muskelbewegungen zu prüfen. Ich traf auf eine Abänderung des Lydischen Steins, welcher unfern meines ehemaligen Wohnortes Steben am Thüringer Waldgebirge, theils auf dem mächtigen Mordlauer Zuge als Gangart, \*\*) theils bei Schwarzenbach an der Saale auf Lagern im uranfänglichen Thonschiefer bricht. Das Stück, welches ich anwandte, war von der gewöhnlichen graulichschwarzen Farbe, von ebenem, dem flachmuschlichen sich nähernden Bruche, und mit kleinen Quarzgängen durchtrümmert. Als

\*) In meinen physiologischen Briefen an Herrn Blumenbach in Gren's neuem Journ. der Phys. 1795. B. 2. S. 121, in meiner Abhandlung über die Natur der Grubenwetter und die unterirdische Meteorologie in Crell's Annalen 1795. S. 114.

\*\*) Das Vorkommen des Lydischen Steins auf Gängen ist in der Natur vielleicht nicht so selten, als es unbeobachtet ist. Ich habe die erste Anzeige davon im Jahre 1792. im Bergmannischen Journ. St. 7. 8. 74. gemacht. Damals behauptete Herr Fichtel gar noch, dieß Fossil existire nur als Geschiebe. — Vergl. über diese Abänderung auch Herrn Martius lehrreiche Wanderungen durch Franken 1795. S. 256.

---

Nervenarmatur eines Froschschenkels war es in Verbindung mit Silber, ja selbst mit Blei, von grosser Wirksamkeit. Ich glaubte anfangs, das etwas Metallisches oder Steinkohlenstaub sich zufällig an das Fossil gehängt habe. Es wurde rein abgewaschen, aber die Muskelbewegung blieb dieselbe. Ich bemerkte nur, das die weissen Quarztrümmer isolirten, und das bloß der Lydische Stein als Stimulus wirke. Nach dem Grundsätze, dem ich anhängte, das man neue räthselhafte Erscheinungen erst an ältere anzuschliessen versuchen muß, bevor man neue Ursachen derselben annimmt, entschloß ich mich sogleich zur chemischen Analyse, in der Hoffnung, einen schon bekannten excitirenden Stoff in dem Lydischen Steine zu finden. Herrn Volta's Entdeckungen über die Kohle veranlaßten mich, das Fossil gerade auf diese zu prüfen. Auch hatte ich ausserdem einen zwiefachen Grund auf das Daseyn dieser Substanz, welche man, den Brandschiefer abgerechnet, sonst den Steinarten eben nicht zuschreibt, zu schliessen. Denn einmal hatte ich, wie schon oben bemerkt, den Kohlenstoff als färbende Beimischung des uranfänglichen Thonschiefers bereits entdeckt, und zweitens befand ich mich, zwei Jahre früher, als ich in meinem einsamen Gebirgsaufenthalte einmal angefeuchteten gepulverten Lydischen Stein in Verbindung mit dem pnevmatischen Apparate erglühte, ein Gemenge von kohlenfaurem und entzündbarem Gas erhalten zu haben. Sollte, schloß ich jetzt, bei dieser Operation nicht das Wasser zersetzt, und der Sauerstoff an den Kohlenstoff des Fossils getreten seyn?

Der weitere Erfolg bestätigte diese Vermuthung. Ich sah meinen ganzen Vorrath von der Mordlauer Abänderung des Lydischen Steins nach, und fand Stücke darunter, welche vom dunkelschwarzen ins bräunlichschwarze übergingen, und besonders auf den Ablösungsklüften mit einem zerreiblichen Pulver bedeckt waren. Diefs Pulver ist stark abfärbend und giebt unsern Nailaer Bergleuten, wenn sie früh aus der Grube kommen, bisweilen das Ansehen von Steinkohlen-Bergleuten. Ich fand die abfärbenden Theile des Fossils im Ganzen am wirksamsten für den Galvanismus, doch waren auch bisweilen die graulichschwarzen, nicht abfärbenden eben so mächtige Stimuli für den Muskel. Ja! es fanden sich Stücke, in denen die nicht abfärbenden die färbenden in der Wirkung übertrafen, Fälle, in denen diese sich als isolirende Substanzen zeigten. Alles schien, wie bei der Pflanzenkohle, auf feinen Umhüllungen zu beruhen!

Ich glühte gleiche Theile gepulverten Lydischen Stein mit ätzendem Pflanzenaugensalze in offenen Scherben. Das letztere wurde kohlenfauer, milde und brauste heftig mit Schwefelsäure auf. Ich mengte fünf Theile des gepulverten Fossils mit einem Theile gereinigten Salpeter. Das Gemenge verpuffte und der Salpeter wurde theilweise zerlegt. Es blieb kohlengefäueretes Pflanzenalkali zurück. Mit schwefelgefäuertem Mineralalkali, in wohlverdecktem Tiegel geschmolzen, gab der Lydische Stein einen förmlichen Schwefellebergeruch. Ich stellte 240 Gran des gepulverten Fossils wohlgetrocknet unter eine kleine

Glocke voll reiner, wohlgewaschener Lebensluft, welche mit Queckfilber gesperrt war. (Herrn Senebier's Versuche, über die Luftverderbung durch Kohlenmagazine, leiteten mich auf diese Vorrichtung). Nach fünf Tagen untersuchte ich das Gas in der Glocke, und fand es mit Kohlensäure ansehnlich gemengt. In meinen calibrierten Cylindern verschluckte das Kalkwasser fast 0,24 des ganzen Luftgemenges. \*) Ich sammelte nun sorgfältig das gepulverte Fossil, und fand es nur etwas über 237 Gran an Gewicht. So reinlich ich mich auch zu arbeiten bemühte, so bin ich doch ungewiss, ob dieser ganze Verlust dem entwichenen Carbon zuzuschreiben ist. Bei Wiederholung dieser Versuche fand ich, daß die Zersetzung der Lebensluft schneller \*\*)

\*) Auf ganz ähnliche Art als hier unter der Glocke mit Lebensluft erregt der Lydische Stein böse Wetter in der Grube. Crell a. a. O. S. 117.

\*\*) Bei der mündlichen Erzählung dieser Versuche haben berühmte Chemisten mir den Zweifel geäußert, ob überhaupt vollkommen reine trockne Kohle das Sauerstoffgas zersetzt, welches sie berührt, oder ob nicht vielmehr die kohlenfaure Luft aus einer Wasserzersetzung in der feuchten Kohle bei niedriger Temperatur herrühre. Aus mehrjährigen Versuchen glaube ich schließen zu dürfen, 1) daß der Carbon den Sauerstoff aus dem Wasser allerdings leichter, als aus der Luft anzieht, entweder weil derselbe in jenem durch weniger Wärmestoff, als in dieser expandirt ist, oder weil das Hydrogen in jenem durch eine Wahlverwandtschaft die Zerlegung befördert. Die Entzündlichkeit der Oele und des Holzes, gegen die des Demants und der Kohlenblende gehalten, scheinen diese Eigenschaft des Hydrogens zu bestätigen. 2) Daß ganz trockne in verschlossenen Scherben geglühte Kohle die atmosphärische Luft selbst bei einer bis zu 5 ° Reaum.

vor sich geht, wenn das Fossil ein wenig angefeuchtet ist. Vergleicht man diese meine Arbeiten über den Lydischen Stein mit denen, welche über das Reifsblei und die Kohlenblende unternommen wurden, so wird die Uebereinstimmung aller drei Substanzen und das Daseyn des Kohlenstoffs in dem erstern sehr einleuchtend.

sinkenden Temperatur zersetzt. Luft und Kohle sind freilich hygroscopische Substanzen. Wollte man aber annehmen, in dem Sauerstoffgas, unter der Glocke sey Wasser gebunden enthalten, welches die Kohle oder der gepulverte Lydische Stein anziehe und zersetze, und das nach Tagen zurückbleibende kohlenfaure Gas entstehe aus diesem Wasser, so müßte das Quecksilber, womit die Glocke gesperrt ist, wegen Vermehrung der Luftmenge sinken und sich entzündliches Gas bilden. Beide Erscheinungen aber habe ich nie beobachtet, und die Menge der gebildeten Kohlenäure scheint in gar keinem Verhältnisse gegen die geringe Quantität Wasser zu stehen, welche das Sauerstoffgas aufgelöst enthalten kann. Ich glaube vielmehr mit dem scharfsinnigen Herrn Gren, daß Kohle, wie jede andere Base acidifiable sich in einem schwach - oxydirten Zustande befinden könne, ohne darum Kohlenäure zu seyn. In diesem Zustande nun wird (wie andere analoge Erscheinungen lehren) das oxide des Carbon sich leichter mit Sauerstoff sättigen, als wenn man die einfache Kohle in Berührung damit bringt. Sollte also angefeuchtete Kohle nicht bloß darum sich schneller zersetzen, weil eine schwache Wasserzersetzung vorangeht, den Kohlenstoff leise oxydirt, und so zur Zerlegung der Lebensluft vorbereitet? Ich stelle mir selbst vor, daß auch bei meiner ausgeglühten Kohle, welche ich trocken unter die Glocke brachte, etwas ähnliches vorgeht, nemlich daß dieselbe zuerst Wasser aus der Luft wieder anzieht und sich vorläufig oxydirt. Diese Vorstellungsart scheint sehr natürlich und unsern jetzigen Erfahrungen angemessen.



So haben wir demnach ein Fossil aus dem Kieselgeschlechte, welches die auffallendsten Galvanischen Erscheinungen giebt. Wasserfrösche, welche mit Zink und Silber nur schwache Contractionen erlitten, zuckten heftig, als sie mit dem Lydischen Steine und Silber, oder Eisen, oder Bleistift (geschwefeltes Reifsblei) berührt wurden. Dieses letztere Gemenge in Verbindung mit Gold war bei denselben Individuen völlig unwirksam. Hier haben wir abermals ein merkwürdiges Beispiel von der specifischen Wirksamkeit einzelner Stoffe. Denn geschwefelter Graphit und der lydische Stein von der Mordlau sind in ihren Bestandtheilen gewiss homogener, als der Graphit und Silber!

Alaun- und Vitriolschiefer. — Beide Substanzen, besonders aus einem hjerländischen Lager im uranfänglichen Mandelsteine zwischen Bernek und der Goldmühle, kommen in ihren Galvanischen Wirkungen dem oben beschriebenen Fossile sehr nahe. Auch gaben sie einerlei chemische Resultate. Wirklichen uranfänglichen Thonschiefer, der reich genug an Kohlenstoff ist, um als Nervenarmatur zu dienen, habe ich noch nicht gefunden. Sein häufiger Uebergang in Alaunschiefer, von dem ihn nur der Mangel an geschwefeltem Eisen unterscheidet, läßt mich aber an seinem Daseyn nicht zweifeln.

Ich habe absichtlich diese Excitationskraft des Kohlenstoffs weitläufiger entwickelt, und alle Nebenumstände dabei, wie ich hoffe, gründlich erwogen, weil mir dieselbe von großer Wichtigkeit für die Betrachtung der belebten Natur zu seyn

scheint. \*) Es war nicht genug, zu zeigen, dass Holzkohle und Graphit einen Muskel reizen; es kam darauf an, dießs Phänomen in seiner ganzen Feinheit, in seinem ganzen Umfange darzustellen. Je weiter wir den Kohlenstoff durch die belebte Pflanzenwelt verbreitet, je tiefer wir die ältesten Schichten des Erdkörpers selbst da, wo sich keine Grabstätten der Vegetabilien finden, mit diesem Kohlenstoffe durchdrungen sehen, desto interessanter muß uns das Verkehrr seyn, in welchem wir ihn auch in der kleinsten Menge, wo er sich enthüllt darstellt, mit den thierischen Kräften erblicken!

Wasser\*\*) und andere tropfbare Flüssigkeiten, aufser Oel, sind vollkommen leitende, ja unter gewissen Umständen, (wie in dem, im vierten Abschnitte beschriebenen Hauchversuche) nothwendige Zwischenglieder Galvanischer Ketten. Das Wasser wirkt theils für sich allein, theils als Ueberzug von isolirenden, nicht leitenden Substanzen. Naffes Siegelack, nassen Bernstein habe ich in der Zuleitung des Galvanischen Fluidums eben so wirksam, als Metalle oder Muskelfleisch gefunden. Auffallend scheint mir dabei der Zustand der Flüssigkeit, in dem sich das Wasser befindet. Bei den Metallen ist es gleichgültig, ob sie fest, oder durch Wärmestoff tropfbar flüssig expandirt sind. Sie leiten immer gleich stark, wie ich mit fließendem Bleie und Zinne versucht habe. Ganz anders verhält sich das

\*) Und doch konnte Fowler die reizende, oder leitende Eigenschaft der Kohle ganz läugnen.

\*\*) Pfaff a. a. O. S. 206 und 229.

Wasser. Als Eis ist es völlig isolirend, wie Siegelack und Oel. Man zerSchlage bei trockner Winterluft Eisstücke in dünne Scheiben; auch die dünnesten derselben unterbrechen die Wirkung der Excitatoren auf die Organe. Kaum ist das Eis zu Wasser geschmolzen, so ist seine isolirende Eigenschaft verlohren. Sie tritt wieder ein, wenn das Wasser mit noch mehr Wärmestoff gebunden in seine gasförmigen Bestandtheile zersetzt ist. Selbst unzeretzter, nur elastisch expandirter Wasserdampf scheint schon ohne Leitungskraft zu seyn. Vielleicht liegt der Grund davon in der Luft, welche auch in den verdicktesten Dampf eindringt und die Theile desselben von einander trennt. Ich füllte eine kleine Kugel mit erhitzten Wasserdämpfen und öffnete sie dergestalt, daß der Dampfstrom, indem er hinausfuhr, zwei Metalle, welche mit der Nerven- und Muskelarmatur in Verbindung standen, mehrere Secunden lang verband. Ich wiederholte den Versuch zweimal, sah aber nie Zuckungen entstehen.

Außer dem Wasser fand ich auch alle, in Wasser aufgelöste Mittelsalze und Wasserfreie Schwefel- Salpeter- und Kochsalzsäure, das Oleum tartari per deliquium, den Alkohol und alle Naphten gleich wirksam. Ich stellte die Versuche darüber entweder so an, daß ich Papier mit der zu prüfenden Flüssigkeit tränkte und dasselbe zwischen zwei zuleitende Metalle legte, oder so, daß ich gekrümmte Glasröhren, wie (Fig. 50.) *F*, in welche zu beiden Seiten die, mit den belebten Organen communicirenden Metalldräthe eingesenkt sind, mit dem Alkohol oder

der Säure füllte. Den letzten Apparat kann ich als besonders vortheilhaft empfehlen. Reines Oel, z. B. Olivenöl unterbricht, auch in der kleinsten Menge, den Durchgang des Galvanischen Fluidums. Herr Voigt zu Jena hat hierüber eine Reihe sinnerreicher Beobachtungen angestellt. Ich goss Olivenöl auf eine Glasplatte und legte den Nerv eines Thieres und eine Zinkplatte dergestalt in dies Oel, daß das Ende des Nerven um 6 Linien weit vom Metalle entfernt blieb. Der Nerv war isolirt und keine Verbindung des Muskels mit dem Zinke, durch einen Muskelleiter, konnte Bewegungen hervorlocken. Ich tröpfelte aufgelöstes Pflanzenalkali zwischen den Nerv und den Zink ins Oel; es entstand eine flüssige Seife, und nun — nun war durch diese die Zuleitung zu den thierischen Theilen so vollkommen hergestellt, daß (Fig. 51.) die Pincette *p* oft nur das Metall *m*, und die sich bildende Seife *s* zu berühren brauchte, um den Schenkel wirksam zu galvanisiren. Diese Erfahrung, welche ich oft angestellt, ist sehr überraschend, und einige Physiker von Ansehen, welche meine spätern Versuche über die ungeheure Wirkung der Alkalien auf die Reizempfindlichkeit kennen, haben auch hier eine ausgezeichnete Eigenschaft des *Oleum tartari* bemerken wollen. Ich glaube aber, daß das auffallende Phänomen sich größtentheils auf das des feuchten Siegelacks reduciren läßt. Jede isolirende Substanz wird durch Beimischung von Wasser selbst leitend. Sollte daher das *Oleum tartari* nicht bloß dadurch wirken, daß sein Pflanzenlaugenfalz das Wasser, in wel-

chem es aufgelöst ist, mit dem Oele verbindet? Indefs fand ich die flüssige Seife, welche ich aus Olivenöl und trockner ätzender Potasche bereitete, auch leitend; aber wo ist trockne Potasche, welche nicht etwas atmosphärische Feuchtigkeit an sich gezogen hätte? Ich gestehe, daß mich das letztere Factum sehr bedenklich macht, da in einer so feinen Materie es schwer ist, zu entscheiden, wie viel Wasser dazu gehöre, um als Stimulus für die Organe, oder wenigstens als Leiter des stimulirenden Fluidums zu wirken.

Trockne Seife isolirt, wenn sie auch in die dünneſten Scheiben geſchnitten iſt. Legt man dieſelben auf den belebten Muskel ſelbſt, ſo wird man ſie in einigen Minuten leitend finden. Dies iſt bloß Folge der durchdringenden Lympe, und muß nicht irre machen. Auch Seifenſchaum, wenn er bereits 2 Stunden getrocknet, leitet meiſt noch. Ich bin überzeugt, daß ein ſehr weſentlicher Unterſchied zwiſchen der Leitungskraft verſchiedener Flüſſigkeiten, als der Säuren, Naphten und alkaliſchen Auflöſungen iſt. Die Veränderungen aber, welche uns zum Maasſtabe dienen mußten, die Lebhaftigkeit der Muskelcontractionen ſind im Grade der Stärke ſo fein nüancirt, von ſo vielerlei Umſtänden abhängig, daß es mir bei meinen bisherigen Bemühungen unmöglich ſchien, auf reine Reſultate zu kommen. Daß flüſſige Seife, aus fetten Oelen und ätzendem Alkali friſch bereitet, ſtärker leitet, als reines Waſſer, habe ich deutlich geprüft. Den Fall Fig. 51. habe ich, wenn Waſſer  
zwi-

zwischen dem Nerv und Zink stand, noch nie positiv gefunden, häufig aber, wenn die Zuleitung durch Seife geschah. Auch das Hinderniß, welches kohlensaures Wasser dem Galvanischen Fluidum entgegenstellt, ist dem des destillirten gewiß nicht gleich. Durch welche Mittel aber ist eine solche Aufgabe zu lösen? Wissen wir doch nicht einmal, wie sich die Metalle in Rücksicht auf ihre Leitungskraft für die Elektrizität verhalten, ob der elektrische Stoff freier durch Salpetersäure, oder durch Salzsäure (in der man weiland eine metallische Basis ahndete) durchströmt! Es ist hier genug, auf solche Punkte aufmerksam zu machen.

Wenn wir die specifische Natur der leitenden und isolirenden Galvanischen Zwischenglieder betrachten, so finden wir uns, (wie in dem Streit über die Ursachen der Capacitäten und elektrischen Leitungskräfte) in einem dädalischen Labyrinth, aus dem eine folgende Generation erst den Ausweg entdecken wird. Ich glaube erwiesen zu haben, daß die Capacität eines Körpers für den Wärmestoff sich in Verhältniß seiner Oxydation vermehre. Aber wie unbefriedigt läßt uns dieses eine Gesetz für so viele gar nicht gefäuerte, oder säuerungsfähige Stoffe! Man weiß, daß von zwei geriebenen Körpern der glatte  $+E$ , der rauhere  $-E$  empfängt. Wie wenig lassen sich aber Symmer's, Adam's und Cigna's auffallende Versuche mit seidenen Bändern, Strümpfen, Federkielen und Siegellack auf diesen Satz reduciren! Wo es an Einheit in dem ganzen Vorrathe von Erfahrungen fehlt, ist es immer schon interessant,

die Materialien so zu ordnen, daß diese Einheit wenigstens in einzelnen Theilen einigermaßen hervorleuchtet.

Aus den oben entwickelten Beobachtungen über Metalle und kohlenstoffhaltige Substanzen folgt das Gesetz, daß beide einzeln sowohl, als in ihrer wirklichen Verbindung ihre Galvanische Leitungskraft einbüßen, wenn sie von Oxygen, oder Hydrogen umhüllt sind. Diese Unwirksamkeit beruht aber auf der Natur des neuen Gemisches, welches der Sauer- und Wasserstoff mit dem Metallerze und dem Carbone hervorbringen, nicht auf der Eigenthümlichkeit des Sauer- und Wasserstoffs selbst. Denn sonst müßte es doppelt auffallend seyn, daß diese beiden Elemente mit Wärmestoff zu einer tropfbaren Flüssigkeit, Wasser, verbunden, einen vollkommenen Leiter des Galvanischen Fluidums geben, und daß isolirender Schwefel und Phosphor mit Oxygen gesättigt, in der concentrirten Schwefel- und Phosphorsäure, wie Wasser wirken. Es kommt bei diesem Phänomene der Leitungskraft ganz auf die individuelle Beschaffenheit der leitenden Stoffe, als Aggregat von Elementen betrachtet, nicht auf die einzelnen Elemente selbst an. Bei einigen Conductoren, wie bei den Metallen, entscheidet der Zustand der Flüssigkeit, oder die Masse des gebundenen Wärmestoffs gar nicht; bei andern, wie in Wasser und Eis, ist tropfbare Flüssigkeit ein nothwendiges Bedingniß der Leitungskraft. Die Expansion jedes Stoffes in einen elastisch - flüssigen, oder gasartigen Zustand macht denselben isolirend. Erwärmung

einer excitirenden Substanz bis zur Glühhitze, benimmt derselben, wie ich unten zeigen werde, ihre Wirkfamkeit nicht, sie bringt aber auch keine Veränderung in den isolirenden Stoffen hervor. Ich ließe die dünnsten Glasfcheiben glühen, und zwischen den Nerv und die Nervenarmatur legen sie hinderten aber gleich stark, warm und kalt, die Erregung der Muskelbewegungen. Eben so fand ich fließend-heißes Siegelack und schmelzenden Schwefel isolirend.

Kohlenstoff mit dem vierten Theile Hydrogen zu einer tropfbaren Masse verbunden, hemmt jeden Umlauf des Galvanischen Fluidums. Zwar ist in jedem fetten Oele auch noch (wie Herr Gren sehr richtig gegen Lavoisier behauptet) \*) etwas Sauerstoff enthalten, die Menge desselben muß aber bis zum Zustand des ranzigen Oels oder gar bis zur Umwandlung in eine vollkommene Pflanzensäure vermehrt \*\*) werden, um dem Oele eine leitende Eigenschaft mitzutheilen. Eben diese Eigenschaft scheint mir der concentrirte Weingeist dem Oxygen zu verdanken. So gefährlich derselbe der Reizempfindlichkeit des Nerven ist, so wirksam habe ich ihn im Versuche Fig. 51. gefunden. Der Alkohol enthält aber, wenn er auch noch so concentrirt ist, wesentliches Wasser, nemlich nach Herrn Meunier's

\*) Denn fette Oele geben mit Ausschluß der oxygenirten Luft destillirt, doch Kohlen Säure. Gren's Handbuch der Chemie, 2te Auflage, B. 2. S. 180.

\*\*) Observ. sur les huiles et l'air pur par Senebier in *Annales de Chymie* T. II. S. 89.



und Lavoisier's \*) vortrefflicher Analyse, 28,530 Kohlenstoff, 7,873 Wasserstoff und 63,597 Wasser.

Wie das Oel verhalten sich auch, sie mögen fest, oder fließend seyn, alle Harze, gummöse Stoffe, und thierische Fette, als Federharz, von dem ich das künstliche aus *Caoutchoua elastica* bereitete sowohl, als das fossile aus Derbyshire untersucht, Mastix, Sandarak, Wachs, Talg, Bernstein, Gummigut, u. s. f.

Obgleich das Quecksilber in der Mercurialfärbung bloß mechanisch vertheilt, mit Oel zusammen gerieben ist, so fand ich es doch isolirend. Eben so die brennlichen Oele, die ich wegen der freien Kohle, die sie enthalten, für leitend hielt. Vielleicht haben Quecksilber und Kohle in beiden nichts von ihrer Leitungskraft eingebüßt, und vielleicht hindern nur die dazwischen liegenden Oeltheilchen die Fortleitung des Galvanischen Fluidums. Die Bemerkung eines schätzbaren und überaus arbeitamen Chemisten, des Herrn Fabbroni in Florenz, \*\*) nach welcher gewisse Abänderungen vom Kalksteine nicht kohlenfaure, sondern wahre gekohlte Kalk-

\*) *Mem. de l'Acad. Roy.* 1784. p. 593. Es ist gar nicht widersprechend, daß in einem Stoffe ein Theil Hydrogen mit der Kohle, ein anderer mit dem Oxygen verbunden sey. Ich erinnere an die obige Note von Umhüllung der Elemente.

\*\*) *Crell's Annalen* 1795. St. 12. S. 503. Auch Herr Kirwan vermuthet Kohlenstoff im Kalkstein. S. die zweite Ausgabe seiner Mineralogie S. 161., welche hoffentlich in Deutschland weniger muthwillig gemißhandelt werden wird, als die erste.

erde \*) feyn follen, veranlafsten mich einen grofsen Vorrath dieses Foffils, den ich aus vielen Gegenden besitze, zu prüfen. Ich glaubte wie beim Lydischen Steine, durch ein so feines Reagens, als die belebte Nervenfafer ist, jene Beobachtung leicht zu bestätigen. Bisher aber bin ich in meinen Beobachtungen getäuscht worden.

Ueber die relative Wirkfamkeit thierischer und vegetabilischer Theile, als Zwischenglieder Galvanischer Ketten, sind bisher noch sehr unbestimmte Beobachtungen bekannt gemacht worden. Ich glaube folgende reine Resultate liefern zu können. Ich rede von Pflanzen, wie sie sich bei trockner Frühlingsluft im natürlichen Zustande des Wachsthums befinden, nicht von solchen, die bei nasser Witterung abgeschnitten sind. Alle Stengel-Kelch- und Blüthen- Blätter (*folia*, *foliola calycis* und *petala*) Staubfäden und Pistille, Nectarien, Früchte mit ihrer Haut bedeckt, selbst die saftigen Stengel der Hyacinthen und Maiblumen, wo sie von der Cuticula nicht entblöst sind, alle Moose und Flechtenarten isoliren. Man lege die jungen Blätter der *Reseda odorata*, eine *Jungermannia complanata*, *petala* von der *Viola canina*, oder einem Lichen *prunastri* zwischen den Schenkel einer Pincette und den zu stimulirenden Muskel, so

\*) Also Verbindungen von Kalkerde und Kohlenstoff, wie in den thierischen Knochen und im kaltbrüchigen Eisen (nicht phosphorsaure sondern) phosphorhaltige Kalkerde und Eisen enthalten sind. Vergl. meine *Flora Friberg.* p. 138. und Gren's *Handbuch der Chemie* 1795. Th. 3. S. 466.

wird jede Contraction verschwinden. Zieht man die Cuticula von dem darunter liegenden Zellgewebe ab, schneidet man ein Stück aus der Mitte des fetten Blattes von *Mesembryanthemum deltoideum* aus, so leiten die entblößten Theile. Doch ist diese Eigenschaft meist nach einer Viertelstunde verschwunden. Die Stengel der *Convallaria majalis*, des *Lamium purpureum* isoliren, wenn man sie mit dem kurzen Durchmesser Fig. 52., nicht wenn man sie mit dem langen Fig. 53., zwischen die leitenden Metalle legt. Im letztern Falle bieten sie nemlich die entblößte Fläche der Gefäße dar. Ganz anders, nemlich unendlich wirksamer, verhalten sich thierische Stoffe, als Nerven, Muskelfleisch, Membranen und Blut. Ich bin durch vielfältige Versuche überzeugt worden, daß dieser Unterschied der Wirksamkeit von der eigenthümlichen Natur der vegetabilischen und thierischen Materie abhängt, und daß diese Natur, wie Herr Reil neuerlichst so treffend entwickelt, das gemeinsame Resultat der Form, und Mischung ihrer Bestandtheile ist. Man glaube nicht, daß das Blatt des *Mesembryanthemum deltoideum* darum nur kürzere Zeit und unvollkommener leite, als ein Stück thierisches Muskelfleisch, weil dieses mehr tropfbar flüssige Feuchtigkeit, als jenes enthalte, weil diese später austrockne, als jenes. Nein, auch die frisch ausgepressten Säfte der Pflanzen stehen den thierischen weit nach. Ich drückte die Milch aus den Stengeln der *Euphorbia Esula* und der *Asclepias syriaca*, den gelben Saft des *Cheli-*

doneum majus behutsam aus, um die Röhre *F* (Fig. 50.) damit zu füllen. Bei matten Thieren war diese Verbindung von *a b* und *c d* zu unvollkommen, um Contractionen zu erregen. Frisches Blut hingegen an der Stelle der Pflanzenäfte, zeigte sich sogleich wirksam. Wenn man den Vorzug bedenkt, den das Blut in dieser Hinsicht auch vor dem Speichel, Urine, Schleime und andern ausgeschiedenen Säften behauptet, so scheint es wahrscheinlich, daß eine vegetabilische, oder thierische Flüssigkeit, als ein desto wirksamere Leiter des Galvanischen Fluidums erscheint, je mehr sie belebt ist, das heißt, je weniger ihre Elemente nach den, von uns erkannten, Gesetzen der chemischen Affinität gemischt sind. Das Hauptkriterium dieses Grades der Belebtheit ist nun die Schnelligkeit, mit der die Säfte eines organischen Körpers, wenn sie aufhören, Theile des Ganzen auszumachen, ihren Mischungszustand ändern. Diese Aenderung tritt bei den flüssigen Bestandtheilen der Pflanzen sehr spät ein, und ich glaube daher in meinen Aphorismen \*) mit Recht behauptet zu haben, daß dieselbe schon dadurch ihre mindere Stufe der Organisation bezeichnen.

Daß die Natur und das Mischungsverhältniß der thierischen Materie, nicht die Menge von Flüssigkeit, welche sie enthält, ihre Leitungskraft bestimmt, leuchtet auch daraus hervor, daß ich gebratenes, gekochtes und mehrere Tage lang aufbewahrtes

\*) *S. Flora Fribergensis cryptogamica* 1792. p. 171. §. 10.

**Muskelfleisch**, selbst rohen, sehr dünnen Schinken, überaus wirksam fand. Diese Stoffe waren den feuchtesten Theilen eines Apfels nicht bloß im Effecte gleich, sondern schienen, bei minder lebhaften Thieren, auch diese im Effecte zu übertreffen. Sie hinderten (Fig. 1.) als Glied zwischen der Nerven- und Muskelarmatur, die Reizung nicht, wo jene sich als Isolatoren zeigten.

So wie die Wahl und Folge der Excitatoren bei verschiedener Reizempfänglichkeit des Organs verschieden seyn muß: so sind auch einerlei Stoffe bei den hohen Graden derselben leitend, welche es bei den minderen nicht sind. Der menschliche Körper giebt in seinem natürlichen unverletzten Zustande, mit der Oberhaut bekleidet, ein auffallendes Beispiel davon. Bei matten, unerregbaren Thieren ist derselbe eben so isolirend, als es die mit der Oberhaut \*) bedeckten Pflanzentheile, auch bei den lebhaftesten, erregbarsten Thieren, sind. Ich legte den Schenkelnerv eines sehr reizbaren Frosches auf den Daumen, die Zinkplatte  $1\frac{1}{2}$  Zoll von ihm entfernt in die innere Fläche meiner linken Hand. So oft ich nun den Schenkel mit dem Zinke durch Silber verband, entstanden schwache Contractionen. Dieselben wurden sichtbar vermehrt, wenn entweder der Nerv mit einer alkalischen Auflösung beträufelt wurde, oder wenn ich die Hand durch Reiben erwärmte. Im ersten Falle war die Incitabilität des

\*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 13. Gren's Journal der Physik, B. 8. S. 381. 319. und 205. — Dahin gehören auch meine obigen Versuche Fig. 5. 18. 38. 39.

Organs, im andern die Zuleitung vermehrt. Denn bei der erregten Wärme sondern die ausdünstenden Gefäße, welche in die Endigungen der Arterien eingemündet sind, mehr Feuchtigkeit ab, und erhöhen dadurch die Leitungskraft des Oberhäutchens. Bei minder reizbaren Thieren entsteht keine Muskularcontraction, wenn (Fig. 1.) der Finger an der Stelle von *a* liegt, oder wenn man (Fig. 8.) durch die Linke *s* auf *t* drückt, mit der Rechten aber den Schenkel berührt. Das Oberhäutchen hindert den Effect; denn sobald der Finger bis auf den Mucus über dem Corium, das ist, bis ins sogenannte Malpighische Netz verwundet ist, so entsteht die Zuckung sogleich.

Wenn man den Vorzug der Leitungskraft in den thierischen Säften, vor den vegetabilischen, und in der Cuticula der Thiere vor der der Pflanzen betrachtet; wenn man bedenkt, wie gebratenes und gedörrtes Fleisch Wochenlang eine Eigenschaft behält, welche das Parenchyma der saftigsten Gewächse schon nach so viel Stunden verliert; so ist die Vermuthung sehr natürlich, daß dieß alles in der vollkommenern Organisation der thierischen Materie gegründet seyn könnte. Soll der Begriff von dieser Organisations-Vollkommenheit \*) von den Gesetzen der chemischen Verwandtschaft, nach welchen die

\*) Ich beziehe mich hier auf die neue Definition der Lebenskraft und belebter Stoffe, welche ich vor vier Jahren in den Aphorismen vortrug. Am Ende dieser Schrift werde ich sie näher und sicherer zu bestimmen suchen.

Bestandtheile verbunden sind, von der schnellen Umänderung ihres Mischungsverhältnisses (nach der Trennung vom Ganzen) abstrahirt werden: so halte ich jene Vermuthung für sehr wahrscheinlich. Soll der Begriff sich aber (und darauf reducirt sich leider doch alles, was man gemeinhin unter Organisation versteht) auf Form der Materie, auf die mechanische Aneinanderreihung der Bestandtheile zu Fasern, Gefäßen und Häuten beziehen, so ist der Abstand der Vegetabilien von den Mineralkörpern gewiß eben so unendlich, als der Abstand dieser von den Thieren. Nach dem wenigen, was wir von der Anatomie der Pflanzenkörper wissen, scheint die Anordnung ihrer Elemente im Ganzen zwar einförmiger, als in den thierischen Stoffen — aber nur im Ganzen, nicht in Vergleichung einzelner Theile. Gerade die Cuticula der Vegetabilien, welche sich beim Galvanischen Versuche so isolirend zeigt, ist ein schön organisiertes prachtyvolles Netz der mannigfaltigsten Gefäße, während daß die Cuticula der Thiere, die sich als Conductor äußert, unter den stärksten Mikroskopen kaum mehr, als eine faltige Haut zeigt.

Ich fand mehr als eine Veranlassung, mich von der Wahrheit dieser Behauptung zu überzeugen. Die Vasa lymphatica der Pflanzen-Oberhaut und ihre Ausdünstungsgefäße hat Herr Hedwig \*)

\*) S. Hedwigs Sammlung seiner zerstreuten Abhandlungen und Beobachtungen über botanisch-ökonomische Gegenstände B. I. S. 116. Tab. 5.

mit der, feinen Zeichnungen eigenthümlichen Wahrheit abgebildet. Bei meiner Arbeit über das Athmen der Vegetabilien habe ich diese Hedwigsche Entdeckung zu verfolgen gesucht, das Oberhäutchen an mehr als zweihundert Pflanzen beobachtet, und mich überall nicht sättigen können an dem wunderbaren Baue dieser Hülle. Nicht blofs die Hoffnung, ähnliche Organe, \*) durch welche die garmige Exhalation auf der thierischen Cuticula geschieht, sondern auch zugleich der Widerspruch über die sogenannten Gefäße derselben, reizten mich an, die Epidermis am Menschen einer genauern mikroskopischen Untersuchung zu unterwerfen. Leeuwenhoeck glaubte Poren der Oberhaut gesehen zu haben, und bildete sie in seinen *arcanis naturae detectis* ab. Da der grofse Mann sich blofs einfacher Linfengläser bediente, welche nach Folkes und Bakers Berechnung nur 16mal vergrößern, so glaube ich, dafs er solche Oeffnungen, wo Haare die Oberhaut durchbohrten und zufällig ausgerissen waren, für eine wesentliche, organische Porosität gehalten hat. Ich bin zwar aus vielen physiologischen Gründen und Herrn Hagens Einspritzungen überzeugt, dafs Mündungen der Gefäße bis in die letzte verhärtete Schicht des Malpighischen Netzes, das ist, bis in die Epidermis gehen. Aber man mufs vorsichtig unterscheiden, was durch Gläser gesehen

\*) Ich werde unten auf diese, für die allgemeine vergleichende Physiologie der Pflanzen und Thiere wichtige Materie von Einsaugung und Ausdünstung durch die Epidermis, zurückkommen.



wird, und was der Physiologe vermuthen darf. Ich wusch mir die Oberhaut an mehreren Theilen des Körpers rein ab, schnitt mittels eines Rasirmessers dünne durchsichtige Stücke davon aus, und betrachtete sie unter einer 312,400maligen Flächenvergrößerung. Bei der besten Beleuchtung waren keine Poren zu entdecken. Herr Fontana redet in seiner Schrift über das Viperngift \*) (ein Werk, das ich nie ohne tiefe Bewunderung für die Grösse seines Genies, seiner Empfindsamkeit und Beharrlichkeit in die Hand nehme) von einem Gewebe geschlängelter Cylinder, oder Gefässe, welche er unter seinem Mikroskope sah. Dagegen behauptet ein eben so berühmter Physiologe ausdrücklich: „*Reticulum Malpighii, aequae ac epidermis, structura simplicissima nervis vasisque plane destituta longissime, a corii natura differunt.* \*\*)

Allerdings zeigt auch mir, bei einer Vergrößerung von 35,700mal in der Fläche, die menschliche Epidermis jene, von dem Florentiner Entdecker gezeichnete Formen. Die geschlängelten Cylinder bilden theils unregelmässige Maschen, \*\*\*) theils lau-

\*) Felice Fontana's Abhandlung über das Viperngift, die amerikanischen Gifte, und das Kirschchlorbeergift, 1787. S. 403. Tab. 8. F. 12. Man verwechsle dieses Gewebe ja nicht mit den Elementarfasern, welche Fontana bei blendender Beleuchtung sah, und die Alexander Monro für eine optische Täuschung erklärte.

\*\*) Blumenbach, *de generis humani varietate nativa*, 1795. p. 117.

\*\*\*) Solcher Maschen zählte ich auf meinem Mikrometer in einem Quadratzolle Oberhaut bald 8640, bald 9810, bald

fen sie in nicht anastomosirende Zweige aus. Drei Ursachen machen es mir aber gewiss, daß sie Falten, rugae, und nicht wahre organische Hautgefäße sind. Denn erstens: sind sie seltener, und weniger erhaben auf den glatten, bedeckten Theilen des Körpers, als auf den rauhern, der Luft entblößten; zweitens: laufen sie in die Nebenzweige, nicht wie Gefäße, allmählig verengt aus, sondern behalten da, wo sie aufhören, ihren vollen Durchmesser, und drittens: sind sie von einer Breite, die zu den andern Organen der äußersten Bedeckungen in keinem Verhältnisse steht. Nach meinem mikroskopischen Mikrometer beträgt diese Breite bei vielen  $\frac{1}{60}$ , bei einigen aber gar  $\frac{1}{32}$  einer pariser Linie. Wenn man den Focus eines convexen Erleuchtungsglases von verschiedenen Seiten auf diese Fontanaschen Gefäße fallen läßt, so sieht man noch deutlicher, daß sie Falten sind; denn der Schatten, den sie werfen, ist sehr ungleich, und oft scheinen sie rippenartig, oder scharfkantig emporzustehen.

Nicht also in dem feinern, mannigfaltigern Bate, zu dem die thierischen Elemente in der Oberhaut an einander gereiht sind, sondern in der specifischen Beschaffenheit der thierischen Materie liegt der Vorzug dieser, als leitendes Medium, vor der

11520. Wenn demnach, um eine spielende Berechnung anzustellen, nach Abernatty (s. chirurgische Versuche 1795. S. 136.) die Oberfläche eines menschlichen Körpers 2700 Quadratzolle beträgt, worunter (freilich sehr unbestimmt!) bloß 174 Quadratzolle Falten und Warzen stecken, so enthält ein Mensch über 24 Millionen jener Maschen.

**vegetabilischen Cuticula.** Man lasse 12 bis 14 Menschen sich die Hände reichen, von denen die äußersten mit der Nerven- und Muskelarmatur eines Thieres in Verbindung stehen; sind zwei Personen in der Kette nur dadurch verbunden, daß sie beide den grünen Halm einer Grasart, oder eine nicht benetzte, oder von der Epidermis nicht entblößte Hanfstauden berühren; so wird jegliche Contraction fehlen. Bei lebhaften Thieren tritt dieselbe sogleich ein, als jene Personen sich entweder unmittelbar anfassen, oder dem Stengel des Grases die Oberhaut abziehen.

In diesem Versuche der kettenförmigen Verbindung mehrerer Personen zeigt sich bisweilen ein Phänomen, welches mir zu auffallend scheint, um es nicht hier zu erwähnen. Ich sah nemlich, daß unter gewissen Umständen bei 6 oder 8 Menschen, die eine Kette bildeten, die Muskularbewegungen nicht eher erfolgten, als bis eines der Glieder aus der Kette heraustrat. Dieses störende Glied war meist nur dadurch auszufinden, daß eine Person nach der andern die Kette verließ, bis man die nicht leitende traf. — Ich beobachtete Fälle, wo es umsonst war, dieser die Hände zu benetzen, um sie leitend zu machen; ein Mittel, welches doch sonst eben so wirksam ist, als wenn man den Fußboden, auf dem Menschen stehen, mit Wasser begießt. \*)

\*) Vergl. auch Volta in Gren's neuem Journal der Physik B. 2. S. 143. — Das Benetzen der Hände bringt bloß eine Zuleitung von der Oberhaut in das Corium und von diesem in das innere Muskelfleisch hervor. Denn das Durchströmen geschieht von den feuchten Fingern der Rechten durch beide Arme in die Linke.

Ich fand, daß eine und dieselbe Person zu gewissen Zeiten leitend, zu andern isolirend war, und es schien sich hier, wenn ich mich eines scherzhaften Ausdrucks bedienen darf, ein neuer Unterschied zwischen Galvanischen und Ungalvanischen Menschen darzustellen. Als ich bei meinem letzten Aufenthalte in Göttingen, im Sommer 1793, Herrn Girtanner meine Versuche über das Durchschneiden der Nerven zeigte, trafen wir beim Experimentiren selbst auf diese Isolirung durch Menschen. Der scharfsinnige Mann äußerte die Vermuthung, daß ein rheumatischer Zustand wohl eine solche Erscheinung hervorbringen könne, und ich gestehe, daß fast alle Erfahrungen, welche ich in der Folge darüber anstellte, diese Vermuthung bestätigt haben. Ich habe an mir selbst beobachtet, daß ich bei einem heftigen Anfalle von Schnupfenfieber gar nicht im Stande war, mittels der wirksamsten Metalle mir die Galvanischen Blitze vor den Augen zu erregen; daß ich jede Kette zwischen der Muskel- und

Ueber die Art, wie bei matten Thieren, wo die Oberhaut isolirt, das sogenannte thierisch elektrische Fluidum ein- und ausgeléitet werden kann, habe ich folgenden Versuch mehrmals angestellt. Man verwunde sich bis aufs Malpighische Netz einen Finger der linken Hand, und verbinde die Wunde mit der Nervenarmatur, so wird, so lang diese Verbindung dauert, sogleich eine Muskelcontraction entstehen, wenn an irgend einem andern Theile des Körpers, sey es an der rechten Hand, oder an der Schulter, ebenfalls die Epidermis abgezogen und an diese Stelle die Muskelarmatur applicirt wird. Der menschliche Körper verhält sich dann wie ein überfirnißtes Metall, dessen Ueberzug an zwei Punkten weggefeilt ist!

Nervenarmatur unterbrach. So wie das rheumatische Uebel die Reizempfänglichkeit der Organe mindert, so schien es auch ihre Leitungskraft zu afficiren. Freilich ist das wie? in dieser Sache damit noch gar nicht erläutert; freilich habe ich hier und da isolirte Personen gefunden, welche sich im Geruche der vollkommensten Gesundheit befanden; aber ist es in einem solchen Oceane der Unwissenheit nicht immer schon gewonnen, eine Bedingung auszumitteln, wo man nicht jede determiniren kann?

Die Aehnlichkeit dieses Versuchs mit den elektrischen, wo man Schläge der Kleist'schen Flasche durch eine Kette von Menschen durchleitet, führte mich (durch eine sehr natürliche Ideenverbindung) auf ein Factum, das ich mich befand in den Schriften \*) der gelehrten Societät zu Philadelphia gelesen zu haben. Herr Flagg erzählt aus Briefen von Rio Essequibo, daß, wenn mehrere Personen sich die Hände geben und die äußersten Glieder der Kette den *Gymnotus electricus* beim Kopf und Schwanz berühren, diejenigen nicht erschüttert werden, welche durch ihre Constitution vor dem Ueberströmen des elektrischen Fluidums geschützt werden. „*If a number of persons join hands and one touch the Eel, they are all equally shocked, unless there should happen to be one of the number incapable of being affected by the Eel, which is the case of a very worthy lady of my*

\*) *Transact. of the American Phil. Society, held at Philadelphia, Vol. II. n. 13. Observat. on the Torporific Eel by Henry Collins Flagg, of South Carolina.*

„*my acquaintance, who can handle this fish at will.*“, Von dieser *very worthy Lady* sagt der Rev. D. Stiles in einer Note, daß sie, als er sie kennen lernte, ein hektisches Fieber hatte, daß er aber vergessen zu fragen, \*) ob sie im gefunden Zustande bereits eben so sicher den Zitteraal berühren konnte? Auch von gewissen Indianern und Negern wird erzählt, daß sie den *Gymnotus electricus* ohne Erschütterung und Schlag berühren können. — So unendlich mangelhaft diese Nachrichten in Hinsicht auf die zu erprüfende Ursache scheinen, so lehrreich sind sie doch für den Physiologen, da sie das wichtige Factum begründen, daß einige Menschen, sey es nun immer, oder nur in gewissen Zuständen, unempfindlich für die Influenz der elektrischen Fische, andere isolirend für das Galvanische Fluidum sind. Das Auffinden dieses Factums war mir um so interessanter, als mir noch kein Versuch bekannt ist, in dem die Elektrizität, wenn man sie durch eine Kette von mehreren Menschen leitet, im Durchströmen durch einzelne Glieder aufgehalten wurde. Denn der längst widerlegte \*\*) Wahn, als könnten

\*) In dem sonst so vortreflichen Wörterbuche des Herrn Gehler (B. 4. S. 879.) sollte daher nicht apodiktisch gesagt seyn, als habe Flagg "mit Auszehrung behaftete Personen" unreizbar gefunden. Der Rev. D. Stiles sagt bloß: "I am persuaded it is something in the constitution of the lady," was Ursach der Erscheinung ist.

\*\*) S. Sigaud de la Fond *Précis historique des phénomènes électriques à Paris* 1781. p. 285.

Castraten und ihnen ähnliche, durch Ausschweifungen geschwächte Personen keine Leidner Flasche entladen, bedarf hier keiner Erwähnung, so wie die Bemerkung, daß gewisse Menschen von dem elektrischen Schläge empfindlicher erschüttert werden, als andere, mit der Frage: ob ein thierischer Körper isolirend, wie Harz und Siegelack, werden kann, nichts gemein hat. Reizempfänglichkeit und Leitungskraft sind wie die Erscheinungen der belebten und toten Materie verschieden. Ich werde an einem andern Orte zu diesem Gegenstande zurückkehren. Hier wollte ich nur beiläufig darauf aufmerksam machen, wie unbedeutend scheinende Umstände, wenn man sie mit analogen vergleicht, auf die Entscheidung wichtiger Probleme Einfluß haben können.

So wie die nicht befeuchtete Epidermis des Menschen nur im Zustande hoher Erregbarkeit leitet, so ist dagegen die erdige Faser der Knochen für sich, in jedem Zustande isolirend. Diese Eigenschaft hat sie mit allen den Theilen der Vegetabilien und Thiere gemein, welche ihren Mischungs- zustand (nach der Trennung vom Ganzen) wenig, oder gar nicht ändern, und daher an die unorganische Natur grenzen, mit dem Holze, den Haaren, und dem Pappus der Pflanzenfaamen. \*)

\*) Vergl. meine *Flora Friberg.* p. 137, §. 4. und dagegen streitend Schäffer über Sensibilität, als Lebensprincip in der organischen Natur 1793. S. 18. — "einer Schrift, die (wie Herr Pfaff sich ausdrückt) nichts als Copie der Girtanner'schen Abhandlung über die Irritabilität ist, mit dem Unterschiede

Auffallend ist der Unterschied der Leitungskraft, wenn man das Os femoris irgend eines Thieres dem Nervenleiter so anlegt, daß derselbe bald das reine Mittelflück an der Linea aspera, bald den noch mit Knorpelrinde überzogenen innern Condylus trifft. Im erstern Punkte ist alles isolirt, der abgeschabte Knochen verhält sich wie ein unorganisches Fossil, wie Apatit und Gyps; den Condylus hingegen, besonders da, wo das Ligamentum cruciatum gegen den hintern Rand des Schienbeinkopfes zu liegt, macht die frische Knorpelrinde zu einer leitenden Substanz.

Ich komme hier auf eine merkwürdige Erscheinung, welche ich denkende Physiologen sorgfältig zu prüfen bitte. Nichts ist bekannter, als der Zustand der Empfänglichkeit, in welchen schwache vegetabilische Säuren, unreife Weintrauben, Pflaumen, Aepfel, Citronen, oder Essig den gesündesten Zahn verletzen. Der gemeine Sprachgebrauch legt dieser Erhöhung der Reizempfänglichkeit sehr unphilosophisch den Namen Stumpfheit der Zähne bei. Die sonst fühllose Krone derselben, die unverletzte Substantia vitrea wird in diesem Zustande so reizbar, daß die Berührung mit Wolle und Leinwand, Löschpapier und Kork, ja bisweilen schon die Furcht vor einer solchen Berührung ein lebhaftes Unbehagen erweckt. Herr Wedekind \*) hat das

„daß das Wort Irritabilität in Sensibilität verändert wird.“

\*) Aufsätze über Gegenstände der Arzneiwissenschaft 1791. S. 357.



Verdienst, die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf dieses Factum geleitet zu haben, und der große Hallische Physiologe, Herr Reil, \*) hat sinnreiche Vermuthungen darüber aufgestellt. Was kann auch in der That auffallender seyn, als einen Theil, den wir für einen bloß erdigen Stoff halten, \*\*) dem die Natur keine Empfindung verleihen zu haben scheint, durch Berührung einer Säure zu einer solchen Sensibilität erhöht zu sehen!

Es ist eine bekannte Erfahrung, daß der Volta'sche Versuch mit Armirung der Zunge nicht glückt, wenn man, statt die untere und obere Fläche derselben mit Zink und Silber zu belegen, das eine Metall an die Krone der Zähne, das andere an die Zungenspitze applicirt. — Ich war neugierig zu wissen, ob die Zähne im sogenannten Zustande der Stumpfheit diese isolirende Eigenschaft behielten, und Herrn Wedekind's Schlüsse ließen mich das Gegentheil vermuthen. Der Erfolg meiner Versuche hat diese Vermuthung gerechtfertigt. Ich benetzte die Krone der Schneidezähne bald mit Sauerkeelsäure, bald mit Essig, und nun erregten die Armaturen die gewöhnliche Empfindung in den Geschmacksorganen, ungeachtet das eine Metall bloß die Substantia vitrea berührte. Diese Empfindung war gleich stark, der Zink mochte das Zahnfleisch, den Gaumen, oder den Schmelz berühren. Hier war also die

\*) Hübner *Differt. de Canesthest.* Hal. 1794. p. 33.

\*\*) Sömmering's Knochenlehre 1791. S. 4. §. 8.  
Blumenbach's Geschichte der Knochen 1786.  
p. 50. und 59.

kettenförmige Verbindung, welche die Wirkungen des Galvanismus voraussetzen, durch das wunderbare Geflechte des fünften Nervenpaars hergestellt. Die Zuleitung geschah vom Zinke durch die Zähne, in den Unterkiefernnerven und von diesem durch die, beim dritten Hauptaste so häufigen Anastomosen in den Lingualis und dessen pinselförmige Verbreitung in die Zungenwärtchen. Hier war ein erdiger Stoff auf einmal leitend, ein Stoff, der sonst jede Kette, wie Glas und Siegelack, unterbricht. Ja! aufser dem alkalischen Geschmacke auf der Zunge wurde noch, wenn die Stumpfheit der Zähne recht groß war, eine widrige Empfindung in diesen erregt. Eben so gelang mir selbst einige Male der Hunter'sche Versuch blitzähnlicher Erleuchtung, indem ich die obern Schneidezähne mit Silber und die obere Zungenfläche mit Zink armirte, und beide Metalle mit einander verband. Entsteht dieses Phänomen nicht aus der Verbindung des zweiten und ersten Hauptastes des fünften Paares, nemlich durch Zuleitung des vordern (vom Nervus infraorbitalis abgehenden) Zahnnerven des Oberkiefers, durch den Nafalis, in die Ciliarnerven, und von diesen (denn wirkliche Anastomose fehlt!) mittels der Sehnervenscheide, an der sie ansetzen, in den Sehnerven? Herr Reil glaubt, die Krone der Zähne, ein so unorganisches Ansehen sie auch habe, sey nicht von eigenen Nerven entblößt. Im natürlichen Zustande sey diese Empfänglichkeit unendlich schwach, durch die Säure werde sie erhöht. „*Corona*

„*dentium* \*) *a caenesthesi non est destituta, cum in morbo exaltetur, immo cum sensu gaudeat, haud nervis caret.* „*Acidum pomorum specificum est irritamentum, quod vi pollet, exaltandi sensibilitatem dentium.*„ Eben diese Existenz der sensiblen Faſer schließt dieser Physiologe aus den, durch Wh y t t und M u r r a y ſo fleißig gesammelten pathologiſchen Fällen in von Reizbarkeit Sehnen und Bändern. „*Nervos,*“ heißt es in der Abhandlung von der Lebenskraft, \*\*) „*in tendinibus se non inveniſſe aſſerunt Anatomici, et ex ea ratione illas inſenſibiles ſtatuer.* Sed vivit tendo vix absque nervo et morbo affecta ſenſibilitatem monſtrat. Morbus vero vires novas affundere non poteſt, ſed praesentes tantum exaltare.“ So wenig ich es mir anmaßen darf, in einem ſo wichtigen Punkte zu entſcheiden, ſo glaube ich doch, daß mehrere Erfahrungen mich berechtigen, einige Zweifel wider jene Schlüſſe zu äußern. Die Verbindung, in welcher die Nerven mit Ernährung und Erwärmung der Theile ſtehen; der Einfluß, den ſie auf den groſſen chemiſchen Proceß der vitalen Functionen haben, läßt mich ebenfalls vermuthen, daß ein kommendes Jahrhundert uns dieſelben an Orten darlegen wird, vor denen wir ſie jetzt ausgeſchloſſen glauben. Die pathologiſche Erſcheinung aber: daß Theile zu gewiſſen Zeiten Schmerz erregen, welche zu andern vollkommen empfindungslos ſind, läßt wohl nicht unmittelbar auf eigene Organe dieſer

\*) Hübner *de Caenesthesi* p. 34. — Vergl. damit Sömmerring a. a. O. S. 225.

\*\*) Gautier *de Irritabilitate* 1793. p. 25. und beſonders noch p. 163.

Caenesthesis schliessen, sondern läßt vielmehr noch andere Erklärungsarten zu. Sollte das ganze Phänomen nicht eine Folge veränderter Zuleitung seyn? Wir sehen täglich, daß mechanische Erschütterungen heftige Stimuli für Bewegungs- und selbst Sinnesnerven sind, die Erschütterung mag den Nerv unmittelbar treffen, oder durch andere organisch verbundene Theile auf ihn fortgepflanzt werden. Muß nun jede Veränderung, welche in diesem Medium vorgeht, nicht die Stärke der Fortpflanzung eben so modificiren, wie Schallstrahlen stärker durch Lebensluft, als durch kohlenfaures Gas fortgeleitet werden? Ist es nicht denkbar, daß Theile, welche wegen ihrer Rigidität fast alle Erschütterung hemmten, im krankhaften Zustande, oder durch andere Verhältnisse dergestalt verändert werden, daß sie nun mit vermehrter Elasticität den empfangenen Stoß fortpflanzen? Ich führe diese mechanische Vorstellungsart nur zum Beispiele an; denn die meisten, wo nicht alle Reizungen der Nerven und Muskelfaser reduciren sich gewiß auf chemische Gesetze, auf Mischungsveränderungen der Materie. Aber auch hier giebt uns die Erfahrung analoge Fälle an die Hand. Wärmestoff, der freie sowohl, als der (mit einem unbekannten Radicale  $y$ ) im elektrischen Fluidum gebundene, ist ein wirkfamer Stimulus für die incitablen Organe. Wie mannigfaltig sind nun nicht die Abstufungen der Leitungskraft für Elektricität und Wärmestoff, wie schnell wird dieselbe nicht durch die kleinsten chemischen Veränderungen modificirt? Wo gehen in der todten Natur diese Ver-

änderungen so unaufhaltsam wechselnd vor, als in dem stäts sich erneuernden, wandelbaren thierischen Stoffe? Wie wird hier, bei dem ewigen Binden und Zersetzen, bei dem Fest- und Flüssigwerden der Elemente die Temperatur bald erhöht, bald erniedrigt, das Oxygen bald angehäuft, bald ausgeschieden? Und gerade Vermehrung der Temperatur und Entweichung des Sauerstoffs können isolirende Substanzen in Conductoren der Electricität, und diese in jene verwandeln. Wir sehen beim Galvanischen Versuche, daß (Fig. 51.) der Nerv, *n*, von Oel umflossen durch das Metall *s* nicht eher gereizt wird, als bis eine Mischungsveränderung in dem Oele vorgeht, bis man eine alkalische Solution in dasselbe träufelt, und bis das zur Seife umgebildete Oel die reizende Ursache fortpflanzt. Kann beim sogenannten Stumpfwerden der Zähne die vegetabilische Säure, unter Einwirkung der belebten Organe, nicht vielleicht eben so auf den Schmelz, wie das *Oleum tartari per deliquium* auf das Oel wirken?

Nach dieser Vorstellungsart bedarfes weder in der Krone des Zahns, noch im schmerzenden Knochen eigener Nervenfasern, um die temporäre Sensibilität dieser Theile zu erklären. Der Unterkiefer nerv des dritten Hauptastes vom fünften Paare und die der Beinhaut anliegenden, oder mit den Arterien bisweilen in die Knochen eindringenden \*) Nerven scheinen mir die wahren Organe dieser Cae-  
nesthesis zu seyn. Ihr sensibler Wirkungskreis wird

\*) Klint *de Nervis brachii* 1785. S. 3.

dadurch vermehrt, daß die Stoffe, die sie umgeben, an Leitungskraft zunehmen, und wie schwankend unser Urtheil über den Ort des Schmerzes ist, davon zeugen die zahllosen Eigenheiten sympathetischer Erscheinungen. Auch streiten directe Erfahrungen gegen die Meinung, als könne eine scharfe Säure die Reizempfindlichkeit des Nerven erhöhen. Ich werde am Schlusse dieser Schrift, wo ich meine Methode, die Temperatur der Lebenskraft nach Willkühr zu stimmen, bekannt mache, durch zahlreiche Versuche darthun, daß Säuren (wenn sie nicht mit Oxygen übersäuert sind) die Nervenkraft deprimiren. Die Erregbarkeit jedes Nerven wird durch unmittelbare Benetzung mit denselben herabgestimmt, ja zuletzt vernichtet — eine Wirkung, die bloß chemisch und gar nicht mechanisch, die Structur und Form der Theile zerstörend ist. Dagegen habe ich entdeckt, daß alkalische Solutionen der mächtigste Stimulus für die sensible Fiber sind, daß sie die Incitabilität derselben fürchterlicher, als Arsenikkalche und oxygenirte Kochsalzsäure, vermehren. Durch diese Beobachtung geleitet, benetzte ich den obern Schmelz meiner Zähne mit concentrirtem Oleum tartari per deliquium. Sind unbekannte Nervenfasern, dachte ich, Ursach jener problematischen Empfindlichkeit, so habe ich Grund zu hoffen, daß dieselbe auf diesem Wege erweckt werde. Aber der Zahn blieb unempfindlich. Auch Alkohol konnte die durch Säuren erregte Stumpfheit nicht mindern. Freilich wird man einwenden, daß verschiedene Theile verschiedenen Reizen gehorchen,

dafs gerade für jene unbekannte Nerven vegetabilische Säure ein eben so specifischer excitirender Stimulus seyn kann, als es die Alkalien für andere Nerven sind. Diefem Einwurfe kann ich durch directe Versuche nicht begegnen. Da aber alle sensible Organe, die ich bisher bei kalt- und warmblütigen Thieren geprüft, von Alkalien und Säuren auf einerlei Art afficirt wurden, so frage ich blofs: ob es nicht sicherer ist, statt eigene Nerven, und Nerven von so sonderbarer Natur anzunehmen, jene pathologischen Fälle der Caenesthesis auf das Phänomen der Zuleitung zu reduciren?

Eben dies Phänomen scheint mir eine wichtige und bisher wenig bemerkte Rolle bei Stimmung der Lebenskraft selbst zu spielen. Wir sehen, dafs thierische Organe zu gewissen Zeiten mehr, zu andern weniger lebhaft von den Objecten der äufsern Sinnenwelt gerührt werden. Wir schreiben diese verschiedenartige Reizung gewöhnlich nur zweien Ursachen, entweder der Reizempfänglichkeit der Fiber, oder der Qualität des Reizes (reizenden Stoffes) zu. Sollte aber eine dritte Urfach, die Fähigkeit der thierischen Materie den Reiz auf den Nerv fortzupflanzen, sich nicht eben so wirksam dabei zeigen? Die aus dem Conductor ausströmende Elektrizität afficirt uns an einem Tage mehr, als an einem andern. Sie afficirt oft dann am meisten, wenn unser Körper für andere Stimuli am unerregbarsten scheint. Hängt diese Verschiedenheit der Perception dann vielleicht nicht blofs von einem vermehrten Leitungsvermögen unserer

Muskeln ab? Ist der jugendliche, biegsamere Körper nicht schon darum reizempfindlicher, reicher an sympathetischen Erscheinungen der Bewegung und Empfindung, als die rigide Faser des Greises, weil jener die empfangenen Eindrücke schneller auf einen, oder mehrere Nerven fortleitet, wo dieser einer unmittelbaren Rührung seiner sensiblen Organe bedarf? —

Doch ich kehre zu den Gesetzen des Galvanismus zurück. Ich habe bereits eben den Unterschied zwischen der Leitungskraft thierischer und vegetabilischer Stoffe bemerkt. Gekochter Schinken, oder gebratenes Rindfleisch leitet, wenn es auch noch so trocken ist, fünf Tage lang, während das saftige Blatt des *Mesembryanthemum dolabriforme* wenig Stunden, nachdem es vom Stamme getrennt ist, bereits ein isolirendes Glied der Galvanischen Kette wird. Indem ich über diese Eigenthümlichkeit des thierischen Stoffes nachdachte, fiel ich, durch eine sehr leicht zu errathende Ideenverbindung, auf die Frage: ob manche hierländische Schwammarten, die den Thieren so nahe verwandt sind, sich als Leiter, dem Muskelfleische ähnlich verhalten sollten? Zur Entscheidung derselben stellte ich im April 1795 (bei meiner Durchreise nach Jena) sogleich eine Reihe von Versuchen an, deren Resultate mich sehr überraschten. Herr Gehler \*) hat in seinem großen physikalischen Werke dem Publicum die erste Nach-

\*) Physikalisches Wörterbuch B. 5. S. 295. Vergleiche auch meinen ersten physiologischen Brief an Herrn Blumenbach in Gren's Neuem Journal B. 2. S. 121.



richt davon gegeben. Die Wichtigkeit, mit welcher derselbe dies Factum behandelt, muntert mich auf, es hier weitläufiger zu entwickeln.

Alle Schwammarten, welche im Zustande der Fäulniß einen cadaverösen, füslichen, thierischen Geruch von sich geben, sind eben so vollkommene Leiter in der Galvanischen Kette, als wirkliche thierische Organe. Besonders zeigen sich hierunter die Morcheln, und zwar die drei essbaren Arten, \*) *Phallus esculentus* (Spitzmorchel), *Elvela mitra* (Stockmorchel) und *Elvela fulcata*, aus. Man kann aus denselben, und wenn sie bereits drei Tage ihrem Standorte entrißen sind, Zolllange Streifen schneiden, und durch diese die Muskel- und Nervenarmatur wirksam verbinden. Man glaube ja nicht, als komme den Morcheln, da sie oft nach dem Regen gesammelt werden, diese Leitungskraft nur

\*) *Phallus esculentus*, *Lin. Syst. Veget. p. 978.* Schäffer *Fung. tab. 199. F. 2. 5. 6. Gled. Meth. p. 59. n. 4. P. truncatus.* Batsch *Elench. p. 133. n. 9.* Schrank *Flor. Bav. n. 1636.* — *Elvela mitra* *Lin. S. V. p. 979.* Schäffer *tab. 159.* *Phallus brunneus* Batsch *p. 129. n. 2.* *Phallus mitra* Baumg. *Flor. Lips. n. 1609.* Lumnitzer *Flor. Posen. n. 1261.* — *Elvela fulcata*, *stirpites fulcato, rimoso, pileo plicato, adnato, crispo, nigricante.* Willdenow *Flor. Ber. n. 1158.* Gleditsch. *p. 36. n. 1.* *Phallus costatus* Batsch *p. 129. n. 4.* Baumgarten *n. 1608.* — In Cochinchina wächst auf der *Melaleuca leucadendra* L. noch eine vierte essbare Morchelart, welche die Einwohner Nam-tram nennen, die *Elvela amara* des Loureiro. (*S. Flor. Cochinchin. 1793. p. 854.*). Die Nam-rach oder *Elvela mitra* dieses Schriftstellers ist aber von unserer europäischen sehr verschieden.

als feuchten Substanzen zu. Ich habe, von mehreren Physikern dazu aufgefordert, eigene Gegenversuche deshalb angestellt. Die braune, im Alter fast sammtartige Oberfläche der *Elvela mitra* wurde auf Wolle und Löschpapier abgerieben, ihre Wirksamkeit blieb aber dieselbe. Ich liess sie in kleine Stücke zerschneiden und über dem Feuer auf Blech leise erwärmen. Sie dampften sehr stark, wurden noch heiss zwischen die Muskel- und Nervenarmatur gelegt, aber ihre Leitungskraft war nicht gemindert: Sie leiten also nicht wie nasse Leinwand, und alle Wasserhaltige Substanzen, sondern wegen der eigenthümlichen Mischung ihrer Faser, wegen der fast thierischen Natur ihrer Lymphe. Die ausgezeichnete Wirksamkeit der letzteren vor dem Wasser, zeigte sich bei einem andern Versuche recht auffallend. Ich schnitt eine Spitzmorchel in zwei Hälften. Die eine wurde an einen trocknen Ort, die andere in reines Wasser gelegt. Dies Wasser farbte sich gelb, und um so stärker, je öfter der Schwamm darin gedrückt und gleichsam gewaschen wurde. Nach einem Tage liess ich die eingeweichte Hälfte so weit abtrocknen, dass sie noch um etwas feuchter als die war, welche im natürlichen Zustande blieb. Was erfolgte? Der Versuch Fig. 1. glückte, als die letztere, nicht aber als die erstere die Nerven- und Muskelarmatur verband. Demnach konnte in Rücksicht auf die Leitungskraft das Wasser, welches die Morchel eingefogen hatte, den Mangel der gewaschenen Lymphe nicht ersetzen. Den thierischen Stoffen, oder der Morchel an Wirksamkeit nahe

kommend, doch aber tief ihnen nachstehend, fand ich noch; den *Agaricus campestris*, *A. clypeatus*, *A. stercorarius*, *A. cinnamomeus* Hudf., *A. imperialis* Batfch, *A. integer* Willd., *Agaricus Goettingensis* Humb., *Boletus bovinus* Baumg., *Boletus luteus*, *Clavaria coralloides*, *Clavaria fastigiata*, *Tremella arborea* Hudf., *Peziza agaricoides* Humb., *Octospora lacera* Willd., und selbst unter den neuen, von mir beschriebenen unterirdischen Gattungen, den *Agaricus acephalus* (Humb. *Flor. Friberg. n. 163.*) *A. acheruntius* (*n. 129.*) und *Boletus fodinalis* (*n. 191.*). Die *Tremella arborea* und *Peziza agaricoides* sind weit weniger leitend, als man aus ihrer schleimigen Substanz schliessen sollte. Unter den Flechten fand ich die tubercula der *Verrucaria baecomyces* und *V. icmadophila* wirksam. Dagegen zeigten sich mir alle Schwammarten mit holzigen Fasern, und andere, deren Mischung (wie die Producte ihrer Fäulniss beweisen) der thierischen Materie heterogen ist, der *Agaricus flabelliformis*, *A. querneus* Schrank, *A. alneus*, *A. decipiens* Willd., *Agaricus cepaceus* Humb., *Boletus lobatus*, *Thelephora mesenteriformis* Willd., *Clavaria hypoxylon* und unter meinen unterirdischen Gewächsen der *Boletus filamentosus* (*Flor. Friberg. n. 183.*) *B. para-*

**doxus** (n. 197.) **Boletus Browni** (n. 194.) und die **Ceratophora** \*) **Fribergensis** (n. 115.) als isolirende Substanzen.

Diese Galvanischen Versuche mit Schwämmen scheinen kein geringes Licht über die Natur der Ma-

\*) Dieses unterirdische Gewächs, mit dem an einigen Orten Zauberei getrieben wird, (quum steriles foecundet mulieres), hat abentheuerliche Schicksale unter den Botanisten gehabt. Löfer entdeckte es im Anfange des 16ten Jahrhunderts in einem Bienenkorbe zu Wulfersdorff in Preussen (*flor. Prussica* n. 264.). Nun blieb es fast drei Jahrhunderte lang versteckt und ungesehen, bis ich es im Herbst 1791. zu Tuttendorff in Sachsen 350 Fuß tief, am Grubenholze fand, und in meiner Flora von Freyberg abbildete (*Tab. I. Fig. 1. 2 — 4.*). Kaum war dadurch das Interesse für die unterirdische Vegetation erwacht, so zeigte sich der, ehemals für so unendlich selten gehaltene Schwamm in Tyrol, am Welterwald und in den Harzer Bergwerken. Herr Hofmann fand ihn mit Saamenlöchern und änderte meine Benennung in **Boletus Ceratophora** um. (*Gött. Gel. Anzeigen* 1794. p. 378.). Eben dieser scharfsinnige Botanist legte der Göttinger Gelehrten Societät eine Abhandlung über das Wachsthum dieser wunderfam gebauten Pflanze vor, Herr Schrader rechnet dieselbe, in seinem kritisch ausgearbeiteten *Spicilegio Florae Germanicae* 1794. p. 170. zum **Boletus odoratus** Wulf. Wenn ich Mülle finde, meine vorrätigen Abbildungen unterirdischer Gewächse stechen zu lassen, und in einigen Fascikeln herauszugeben, so werde ich mich dann weitläufiger über den Geschlechtsunterschied meiner **Ceratophora** äußern. — Eine derselben ähnliche Gestalt mag wohl die Fabel veranlaßt haben, welche ich so eben beim Baco, wo er die unterirdische Vegetation nennt, erwähnt finde. In der *Sylva sylvarum* heist es: „*Fodinas Germanicas* „*memorant in fundo vegetabilibus foecundescere, afferuntque operarii magicae* „*quid virtutis inesse quod colligi se non possunt.*“ *Opera omnia* 1694. p. 868.

terie, aus der sie gebildet sind, zu verbreiten. Sie beweisen aufs unumstößlichste, daß nicht etwa bloß ihre entfernteren Bestandtheile denen des thierischen Muskelfleisches analog sind, sondern daß vielmehr das Mischungsverhältniß beider Stoffe sich völlig ähnlich ist. Auch stimmen damit die einzelnen chemischen Versuche überein, welche ich mit Morcheln und Champignons (*Agaricus campestris*) angestellt habe. Unter dem pnevmatischen Apparate destillirt, geben beide, wie thierische Muskeln, Nägel und Knorpel, ein leicht faulendes Wasser, kohlenfaures Ammoniak und empyreumatisches Dippelfches Oel. Der *Agaricus campestris* ist, wie ich bereits in meinen Aphorismen über die Pflanzenphysiologie §. 11. angemerkt, reicher an Hydrogen als die Elveln. (Drei Viertel Unzen gaben 26,5 Cubiczinne Wasserstoffgas und 8,5 Kohlenäure.) Er naht sich mehr den vegetabilischen Stoffen. Die Morchel dagegen, besonders die *Elvela mitra*, enthält, wie das Ammoniak und Dippelfche Oel beweisen, eine größere Menge Azote. Dieses Azote habe ich auch einzeln nach Herrn Fourcroy's Methode (*Annales de Chimie T. 1. p. 40.*) dargestellt. Ich erhielt es, wenn ich den Schwamm bei einer niedrigen Temperatur von 12 — 14 ° Reaum. mit schwacher Salpetersäure, die sich bei diesem Proceß gar nicht zerlegen kann, übergoss, und das Gemenge destillirte. Das übelriechende Stickgas enthielt in meinen calibrirten Gläsern zu 22 Cubiczinne 4 (also über 5,5) Kohlenäure, welche das ätzende Alkali aufnahm. Morcheln mit Wasser

ge-

gekocht und eingedickt geben eine große Menge thierischer Gallert, wie auch die Nahrhaftigkeit der Suppentafeln, *Gelatina tabulata*, welche die Köche daraus bereiten, lehrt. Nach den neuesten, (durch den Vorfall am Cimetière des Innocens, und die Wallrathfabrication veranlassten) Entdeckungen der Pariser Chemisten wird Muskelfleisch, in verdünnte Schwefelsäure gelegt, in Fett, in Salpetersäure, (nach Herrn Hermbstädt's Beobachtung) in eine wachsartige Materie verwandelt. Ich bin, indem ich dies schreibe, beschäftigt, diesen Versuch mit Morcheln zu wiederholen. Gleiche Quantitäten der *Elvela Mitra* und *Elvela fulcata* Willd. liegen erst 13 Tage in Schwefel- und Salpetersäure, wovon jede mit 7 Theilen Wasser verdünnt ist, eingeweicht, und schon ist die Veränderung des Schwammes in eine fettige Materie nicht zu verkennen. Das Product der Salpetersäure ist weniger schmierig und läßt durch Geruch, Farbe und Consistenz wohl vermuthen, daß es sich mit der Zeit in etwas Wachsartiges verändern werde. — Selbst in der Respiration kommen die meisten Schwämme mit den Thieren überein. Ich glaube durch Versuche \*) erwiesen zu haben, daß sie wie diese, Tages und Nachts, irrespirable Gasarten, ein Ge-

\*) *Flor. Fribergensis* p. 174. Möchten doch mehr Chemisten sich mit Untersuchung der Schwämme beschäftigen, wo noch ein weites Feld zu Entdeckungen offen ist. Wie auffallend ist nicht die Menge des reinen krystallisirbaren Zuckers, welche Herr Günther im *Agaricus campestris*, den er auf meine Bitte analysirte, entdeckte.

menge von Hydrogen und Kohlenfäure aushauchen, und daß sie dies nicht im kranken Zustande, sondern in voller jugendlichen Kraft, ehe der Huth sich von der Hülle trennt, von sich geben.

Dem Einwurfe den ich oft hören muß, als könnte die Wirksamkeit der Morcheln beim Galvanischen Versuche, und das Azote, welches sie in so beträchtlicher Menge hergeben, und von dem ihre Assimilationsfähigkeit (Nahrhaftigkeit) vorzüglich herrührt, nicht sowohl dem Schwamme selbst, als vielmehr den Thieren, welche ihn bewohnen, zuzuschreiben seyn, diesem Einwurfe werden Phyfiker, welche Naturproducte nicht bloß aus Kupferwerken kennen, sondern selbst arbeiten, leicht zu begegnen wissen. Jeder organische Stoff ist allerdings der Wohnplatz einer eigenen Thierwelt. Diese parasitisch lebenden Thiere sind aber nicht in jedem Zustande dieses Stoffes gegenwärtig. In dem frischen Flusswasser sind kaum die ersten Keime \*) (Eierchen)

\*) Alle Versuche, welche man über die Entstehung der Infusionsthierchen gemacht, geben unreine Resultate, weil sie unbestimmte Bedingungen enthalten, weil man die Atmosphäre nicht kennt, welche das faulende Wasser umgiebt, weil es Thiere giebt, welche die Siedhitze ertragen u. s. w. Folgendes Experiment wünsche ich einmal anstellen zu können: Frisch unter Quecksilber bereitete, inflammable und oxygenirte Luft wird durch einen elektrischen Funken verbrannt, und das entstandene Wasser wird, unter Lebensluft, dem Sonnenlichte (wohlgesperrt) bis zur Fäulniß ausgesetzt. Werden sich Thiere erzeugen, und welche Gattungen? Nur das Quecksilber, und die Wände der gläsernen Gefäße, welche beide Eier enthalten können, erregen Bedenklichkeiten.

der Thiere enthalten, welche das faule Wasser beleben, und dessen Fäulniß vermehren. Wären diese Thiere in jedem Wasser gleich ausgebildet vorhanden, so würde die Wasserzerfetzung uns etwas mehr als Lebensluft und Wasserstoffgas liefern. Eben so mit den Schwämmen. Ich habe frische Morcheln und Champignons mit großer Sorgfalt mit einer 312481maligen Flächenvergrößerung mikroskopisch durchsucht, und kann behaupten, daß außer den einzeln darin herumschwirrenden Insecten, besonders Arten des *Dermestes*, *Animalcula infusoria* fast nie darin zu sehen sind \*) Der *Vibrio glutinis*, die *Cycliden*, *Bursarien* und *Trichiden* erscheinen freilich in den faulen Morcheln, aber diese giebt mit Salpetersäure digerirt nicht mehr Stickgas, als die frische. Die Schwämme sind also weder Thiere, noch Thiergehäuse, \*\*) oder letzteres wenigstens nur in eben dem Sinne, als es auch die Eingeweide der Regenwürmer sind, in denen das Perlenthierchen (*Leucophra nodulata* Müll.) wohnt. Ich kann diese Materie nicht verlassen, ohne noch einige Betrachtungen hinzuzufügen, welche sich hier gleichsam von selbst aufdrängen. Ein fast gleich gemischter, aber freilich unendlich verschieden geformter Stoff bildet das Muskelfleisch der Thiere und den saligen Huth eines

\*) Bei diesem Durchsuchen schneide man die Schwämme in sehr dünne durchsichtige Scheiben, und benetze sie mit destillirtem Wasser, um die Infusoria, falls sie in der Lymphe stecken, loszuweichen.

\*\*) Vergl. Schrank's *Bair. Flora*, B. 1. p. 568.



Schwammes. Monate braucht er in jenem zu seiner Entwicklung, während daß er in diesem oft in einer Nacht, bei einem Gewitter-Regen, \*) in großen Massen wie durch einen Zauber zusammengerinnt. Welche wunderbare Verschiedenheit in den plastischen Kräften der Natur! Noch mehr: Eine unvollständige Induction läßt uns voraussetzen, als sey Erregbarkeit, oder die Fähigkeit sich auf einen Stimulus zusammenzuziehen, vorzüglich an das gebunden, was wir thierischen Stoff nennen. Man vergleiche die gallerthaltigen Schwämme und Getreidearten mit der Substanz des *Hedysarum gyrans*; der *Mimosa pudica* und *Smithia sensitiva*. Ich bin weit davon entfernt, jenen die reizbare Faser abzuprechen, ich halte es für erwiesen, \*\*) daß in ihnen tausenderlei, unserm Auge unsichtbare organische Bewegungen vorgehen; aber auffallend, oder unerwartet ist es doch immer, daß das, sich völlig will-

\*) Wie man im bürgerlichen Leben schnelle Arbeiten für schlecht hält, so erlauben es sich auch viele Botanisten, von den schnell erzeugten, rohen Säften der Schwämme zu reden. Welche Begriffe von Organisation setzt ein solcher Ausdruck voraus! (Vergl. *Baco Ver. Op. omn. p. 864.*).

\*\*) *Flora Fribergensis p. 146 — 172.* Eine merkwürdige, durch Contraction gereizter Fibern hervorgebrachte Bewegung äußert der *Sphärobolus rosaceus* (Tode *Fung. Mecklenb. F. I. p. 44.*) wenn er seine Saamenkugel wirft. Etwas ähnliches geschieht bei den *Puccinien*, der *Ascophora* und dem *Pilobolus*. — Vergl. auch *Reil de Irritabilitate p. 9. et 63.* Herr Reil unterscheidet nur noch *Fibra communis* und *muscularis*.

---

kührlich \*) bewegende *Hedyfarum gyrans*,  
(welches in Hinsicht auf Bewegung viele Seewürmer,  
an der sogenannten thierischen Natur übertrifft) bis  
jetzt noch ein gleiches Mischungsverhältniß der Be-  
standtheile, wie Kohl- und Rübenarten, zeigt!

\*) Die bei Tage und bei Nacht sich zeigende völlig will-  
kührliche Bewegung der *foliola stipulaeformis*, über welche Herr Hufeland so wichtige Auf-  
schlüsse gegeben, dürfen ja nicht mit den gar nicht  
willkührlichen Bewegungen der Mimosen verwechselt  
werden. Voigt's Mag. für Phys. 1790. B. 6. St. 3.  
S. 17.

---

## Siebenter Abschnitt.

**Tafel über die Leitung des Galvanischen Fluidums — Zusammenflicken der Nerven. — Die belebten Organe brauchen nicht immer ein unmittelbares Glied der Kette auszumachen. — Länge der Leitungen — Die lebendige Nervenfafer belehrt uns, wie chemische Reagentien, über Mischung der Stoffe — Ein lebendiges Anthrakoskop — Form und Erschütterung der Excitatoren. — Dauert der Reiz fort, so lange die Kette geschlossen bleibt? — Doppelte Kette. — Was geht in den leitenden Stoffen vor? — Unterbindung des Nerven und der Arterie — Zerfleischung des Nerven und völlige Durchschneidung desselben. — Reizende und sensible Atmosphäre, sinnlich dargestellt. — Wie sie mit der Lebenskraft schwindet — Physiologische und pathologische Anwendung auf die Theorie des Gestastes, des Geschmacks, der Nervenreproduction und einiger sympathetischen Erscheinungen.**

**Der vorstehende Abschnitt enthält die Stoffe, welche theils einzeln, theils mit einander verbunden, in Berührung mit erregbaren Organen Galvanische Erscheinungen hervorbringen. Da die Aufzählung derselben durch die Betrachtungen über ihr Mischungsverhältniß sehr unterbrochen worden ist, so stelle ich sie in tabellarischer Form hier nochmals zusammen. Unter den isolirenden Substanzen mache ich besonders auf zwei, heißes Glas und Flamme, auf**

merkſam; weil ſie mir für die Unterſuchung über die Natur des Galvaniſchen Fluidums, oder vielmehr über die materielle Urfache des Metallreizes, unendlich wichtig ſcheinen. Ich ſpare die Verſuche, welche ich zu dieſem Zwecke angeſtellt, bis zu der Widerlegung der bisher angenommenen Elektricitäts-Theorien.

### Tafel über die Leitung des Galvaniſchen Fluidums.

Wirkfame Zwischen- glieder. Excitatoren und Conductoren der thie- riſchen Elektricität.	Unwirkfame Zwischen- glieder. Iſolir- ende, ſtörende Sub- ſtanzen.
Alle reguliniſche Metalle.	Oxydirte Metalle.
Gefchwefelte Metalle, oder Er- ze, welche unverkalchte Me- talle enthalten.	Schwefelgefäuerter Metalle, oder Erze, welche oxydirte, bunt- farbige Metalle enthalten.
Vegetabiliſche Kohle.	Alle Luftarten, trockne und feuchte.
Steinkohle.	Thieriſche Knochen im natür- lichen Zuſtande.
Graphit.	Haare der Thiere und Pflanzen- blätter und Stengel, die von ihrer Oberhaut bedeckt ſind.
Kohlenblende.	Holzfaſern.
Lydiſcher Stein vom Nailaer Gebirge.	Glas, ſelbſt heißes.
Alaunſchiefer.	Bernſtein.
Brandſchiefer.	Erhärtetes Eiweiß.
Grau- und Schwarzbraunſtein- etc.	Wachs.
Muskelfleiſch, Membranen, Nerven, Bänder und Gefäße der Thiere, friſch, oder ge- kocht, gebraten und gedörret.	Alle trockne Salze, und nicht kohlenſtoſſhaltige Steine.

Morcheln und Schwämme,	Öel. Harz. Gummi.
welche im Faulen einen cadaverösen Geruch verbreiten.	Lichtflamme.
	Lufteleerer Raum.
Eiweiß.	
Wasser. Blut. Pflanzensaft.	
Pflanzentheile mit frischem Zellgewebe und ohne Oberhaut.	
Weingeist. Wein. Bier.	
Säuren. Alkalische Auflösungen.	
Frische, unerhärtete Seife.	
Durch Säuren sensibel gemachte Zähne.	

Die Galvanischen Erscheinungen erfolgen nicht bloß, indem die in der Tabelle aufgeführten leitenden Substanzen die Muskel- und Nervenarmatur verbinden; nein! die Wirkung des Reizes wird nicht gehindert, wenn selbst der armirte Nerv durchgeschnitten und Fig. 54. mittels Metall, Morcheln und Kohle, *r s t* geflickt ist. Ich habe auf die Weise Nerven ausgeschnitten und umgekehrt, Theile warm- und kaltblütiger Thiere 14—16 Zoll lang mit einander verbunden. Diese Versuche würden wenig auffallendes haben, und (wenn man die heterogenen Stoffe *n, r, s, u, t* als einen Stoff betrachtet) zu dem schon Fig. 47. gezeichneten Falle mittelbarer Armirung \*) des Nerven gehören, wenn es zur Erregung der Zuckungen nothwendig wäre, daß die Pincette *p* mit ihrem einen Schenkel *o*, den Muskel, oder das mit diesem noch organisch ver-

\*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 164. und 228.

bundene Nervenstück *m* berührte. Wiederholte Erfahrungen haben mich aber zu meinem Erstaunen belehrt, daß diese Nothwendigkeit nur in einem Falle minderer Reizempfanglichkeit eintritt, daß aber, bei hoher Erregbarkeit der sensiblen Faser, die Contractionen ebenfalls erfolgen, wenn der Schenkel *o* in Fig. 54. mit einem der leitenden Stoffe *n*, *r*, *s*, *t* (in Fig. 47. mit *f*) verbunden wird. Ich habe bereits oben in Fig. 51., wo der Cruralnerv durch frischbereitete Seife mit dem Zinke in mittelbarem Contact stand, darauf aufmerksam gemacht; unter einer großen Anzahl bestätigender Versuche, welche ich aufgezeichnet, wähle ich aber nur einen sehr entscheidenden aus. Am 7ten December vorigen Jahres hatte ich den Nervus axillaris einer Maus (Fig. 47.) mittels eines Froschherzes *f* mit Zink *g* in Verbindung gesetzt. Das thierische Organ war wenig reizbar und das Galvanisiren glückte nur dann, wenn ich *o* auf den Armmuskel, oder auf den in ihm inserirten Nerv aufsetzte, nicht wenn *o* das Froschherz *f* traf. Durch vorhergehende Versuche veranlaßt, tauchte ich einen Pinsel in eine alkalische Auflösung und ließ mittels desselben einige Tropfen davon auf den Insertionspunct des Nerven fallen, ohne den Apparat im geringsten zu verrücken. Ich berührte nur *f* mit dem Schenkel *o*, und augenblicklich stellten sich die Zuckungen ein. Diese Art zu reizen glückte 2 bis 3 Minuten lang. Die Contractionen wurden immer schwächer und erfolgten endlich nur wieder unter der vorigen Bedingung, daß *o* mit dem Nerv in unmittelbare Verbindung

trat. Ganz ähnliche Versuche machte ich an mehreren Froschschenkeln, deren Cruralnerven ich auf  $f$  legte. Die lebhaftern zuckten (bei Applicirung der Pincette an  $f$ ) schon im natürlichen Zustande ihrer Erregbarkeit; die trägern wurden fast alle durch Benetzen mit Arsenikkalch, alkalischen Auflösungen, oder oxygenirter Kochsalzsaure zu ähnlichen Contractionen reizt. Bei eben diesen letztern wurde der Stimulus durch ein paar Tropfen Alkohol wieder unwirksam. Die erhöhte Erregbarkeit, welche ihnen künstlich gegeben war, wurde ihnen auch wieder künstlich geraubt. Der Alkohol machte die unmittelbare Berührung zwischen dem Nerv und dem Pincettenschenkel o nothwendig, und tilgte bald darauf auch die letzte Spur der Irritabilität. In der Zeichensprache ausgedrückt ist daher die Formel: Nerv HP p eben so gut positiv, als die Nerv HP p.

Dieser Fall Fig. 51., in dem Galvanische Erscheinungen erfolgen, ohne dafs die belebten Organe selbst ein unmittelbares Glied der Kette ausmachen, ist, so viel ich weifs, noch nie vorher beobachtet worden. Doch ist sein Einfluss auf die bisherigen Theorien vom gestörten Gleichgewichte eines circulirenden elektrischen Fluidums, wie wir unten sehen werden, sehr beträchtlich. Auch steht er in unmittelbarem Zusammenhange mit dem im dritten Abschnitte von mir beschriebenen auffallenden Versuche ohne Kette, Fig. 9 bis 13. Wenn (Fig. 47.)  $f$ , statt des Muskelfleisches, ein Metall ausdrückt, so kann dieses  $f$  mit der Armatur  $q$  als ein Ganzes betrachtet

werden, und die Formeln Nerv PPp und Nerv  $Pp$  sind in ihrem eigentlichen Sinne gleichbedeutend. So reiht ein Phänomen sich an das andere an, und was anfangs isolirt zu stehen scheint, tritt bald als untergeordnetes Glied in die große Kette beobachteter Wirkungen!

Bei der mittelbaren Armirung des Nerven Fig. 47. 51. und 54. scheint die Entfernung, in welcher die Armatur vom thierischen Organe liegt, nicht gleichgültig zu seyn. Bei minder lebhaften Individuen nehmen die Contractionen im umgekehrten Verhältnisse jener Entfernung ab, und scheinen überhaupt nur, das Medium mag noch so vollkommen leiten, auf eine gewisse Weite begrenzt, über welche hinaus sie völlig aufhören. Ganz anders ist es mit der Verbindung zwischen der Nerven- und Muskelarmatur, oder mit derjenigen Substanz, welche als Leiter von der unmittelbar applicirten Nervenarmatur zu dem Muskel führt. Ihre Länge scheint keiner Grenze unterworfen zu seyn. Herr Valli \*) hatte Conductoren von 200 Fufs, Aldini \*\*) führte feuchte hanfene Seile 250 Fufs weit um sein Haus zu Bologna, und beiden glückten ihre Versuche: Man könnte diese Vorrichtungen, wie bei den elektrischen Experimenten des Jallabert, Sigaud de la Fond, Monnier, Winkler und Watson (letzterer hatte Conductoren von 19200 Fufs Länge) ins riesenmäßige vergrößern, wenn man Flüsse zu

\*) a. a. O. S. 158.

\*\*) *Diff. de animali electricitate* p. 31.



dessen mögliche Existenz man vor sechs Jahren wohl noch unter die Hirngespinnste gezählt haben würde. Ein Nerv, der zu einem Bewegungsmuskel führt, mit ein paar Kubiklinien Muskelfasern organisch verbunden, zeigt an, ob zwei Metalle gleiche, oder ungleiche Mischung haben, ob sie rein regulinisch, oder schwach oxydirt sind, ob ein Fossil von Kohlenstoff, oder von einem Metallkalche tingirt ist. Die verschiedene Legirung zweier Geldmünzen ist auf die Art sehr schnell zu prüfen. Zwei alte, vollwichtige Louisneufs, oder zwei neue Goldstücke der französischen Republik erregen als Nerven- und Muskelarmatur bei minder lebhaften Thieren so wenig Reiz, als die sehr sorgfältig ausgeprägten Preussischen Friedrichsd'or. Dagegen entstehen (worüber Münzverständige sich eben nicht wundern werden) bei einem alten Louisneuf und den Carolins, welche seit 1794 von so vielen Seiten her am Rhein erscheinen, fast eben so heftige Muskelbewegungen, als bei Armaturen von Zink und Silber. Die belebte Nervenfafer zeigt an, ob ein Erz regulinisches, oder oxydirtes Metall, ob Bleiglanz schwefelsaures, oder geschwefeltes Blei enthält. Die belebte Nervenfafer entscheidet, ob ein organischer Stoff, er sey (wie die Elvela Mitra) noch so verschieden vom thierischen geformt, diesem im Mischungsverhältnisse seiner Bestandtheile gleich ist, oder von ihm abweicht. Die belebte Nervenfafer endlich verkündigt dem Chemisten den Stoff vorher, den er entdecken wird. Sie ist (ich erinnere an meine Versuche mit Lydischem Steine und Kohlenblende) ein

lebendiges Anthrakoskop, \*) ein Mittel, Kohlenstoff zu entdecken, fast eben so sicher als durch Glühfeuer und Alkali. Das Anthrakoskop hat, aber auch die übrigen, eben nicht belobten Eigenschaften der Instrumente, welche sich in Skop und meter endigen, nemlich die, auſſer der Kohle, noch ~~manches~~ andere mit anzuzeigen, was nicht Kohlenstoff ist, ja (wie das Hygroskop) auf Nicht-Kohle zu zeigen, wo Kohle in Menge vorhanden ist. Denn das Hygrometer belehrt uns oft von vollkommener Trockenheit, wo die grösste Menge Wasserdampf latent schwebt, oder vielmehr man überredet uns, das Hygrometer zeige Abwesenheit des Wassers an, wo es blofs Abwesenheit des mechanisch in der Luft hängenden Wassers anzeigt!

Aber nicht blofs die relative Folge der Leiter in der Galvanischen Kette und das Mischungsverhältnifs ihrer Bestandtheile, auch die äussere Form derselben hat Einfluss auf ihre Wirksamkeit. Die Lombardischen Physiologen \*\*) waren durch die Analogie, welche sie zwischen Elektrizität und Galvanismus suchten, schon längst auf diesen Umstand aufmerksam gemacht, und Herr Pfaff \*\*\*) hat seiner ebenfalls erwähnt. Ich begnüge mich daher, hier nur eines einzigen Versuchs zu erwähnen. Zwei Goldstücke *a* und *b*, von denen das erstere zur

\*) S. meine Abhandlung über ein neues Anthrakoskop in Crel's Annalen 1795. B. 2. S. 3.

\*\*) Aldini *l. c.* p. 41.

\*\*) *a. a. O.* S. 251.

Nervenarmaturen diente, waren durch einen darauf gelegten sehr glatt polirten stählernen Stab mit einander verbunden. So lange derselbe, wie Fig. 55. die Goldmünzen mit der flachen Seite berührte, brachte die Verbindung von *b* und dem Schenkel mittels Blei *c* keine Muskelbewegung hervor. Kaum aber wurde er (wie Fig. 56.) mit der scharfen Kante auf *a* und *b* aufgesetzt, so fand ich den Muskelleiter überaus wirksam, es erfolgten heftige und dauernde Contractionen.

So wie bei weniger lebhaften Thieren das gegenseitige Berühren scharfkantiger Armaturen den Effect verstärkt, so befördert auch eine leise Erschütterung denselben. Ich sage vorsätzlich nur, daß sie denselben befördern, denn die Meinung, daß Erschütterung, oder unmittelbare Berührung zweier Metalle zur Hervorbringung Galvanischer Erscheinungen nothwendig sey, ist (in so vielen Schriften sie auch vorgetragen ist) völlig ungegründet. Ich habe mich davon durch eine Reihe sorgfältig angestellter Versuche, deren ich bereits im Anfange des vierten Abschnitts erwähnt, zu überzeugen gesucht. Der Apparat in Fig. 1. 23. 24. 26. und 43. in dem Metall und Metall sich nicht berühren, erschüttert jedes Organ im Zustande höherer Reizbarkeit. Ja! ich habe es in diesen positiven Fällen ganz gleichgültig gefunden, ob die feuchten Stoffe, welche die Metalle von einander trennen, aus dünnen, oder Zolldicken Scheiben bestehen. Auch Erschütterung der Armaturen ist im Zustande hoher Incitabilität schlechterdings unnöthig.

Wo Muskelfleisch zwischen den Metallen, wie Fig. 43. liegt, zeigt die Natur der leitenden Glieder schon, daß die Bewegung, welche etwa beim Schließen der galvanischen Kette in  $n$  erregt wird, nach  $s$  und  $t$  eben nicht sonderlich fortgepflanzt werden kann. Noch deutlicher fällt dieser Verdacht der Erschütterung in Fig. 2. weg, wo das Stück Muskelfleisch  $z$  leise an  $x$  und  $y$  herangeschoben ward, oder gar im Versuch Fig. 57., wo die Contraction des sehr lebhaften Froschschenkels  $t$  in dem Augenblick eintrat, als ich die Muskelarmatur  $q$  mit ihrem vorderen Ende  $e$  in den kleinen Wasserstreifen  $rs$ , der von der Nervenarmatur  $p$  ausging, hineinzog. Ich könnte, um an etwas noch feineres zu erinnern, auch des wunderbaren Falls Fig. 37. erwähnen, wo der Muskeleiter bloß die sensible Atmosphäre des thierischen Stoffes  $n$  traf. Den consequenten Skeptiker werden aber alle diese Experimente nicht überzeugen. Denn Erschütterung ist nur eine Gattung der Bewegung, und wo wird in der äußeren Sinnenwelt eine Erscheinung ohne Bewegung denkbar! Selbst in Fig. 37. können die feinen Theile, welche die sensible Atmosphäre bilden, den von  $a$  empfangenen Stoff auf  $z$  fortpflanzen!

In dem Zustande minderer Incitabilität befördert die leiseste Erschütterung den Effect Galvanischer Versuche, und zwar auf zweifache Art, entweder indem sich die metallischen Armaturen unter einander erschüttern, oder indem der gereizte thierische Stoff allein erschüttert wird. Der erstere Fall ist allgemein bekannt, der letztere aber wenig beobach-

tet. Ich hatte, (wie in Fig. 28.), die Silberplatte *c* auf die Nervenarmatur von Zink *a* gelegt; auf *c* ruhte abermals Muskelfleisch *b*; statt des Ausladers *k* bediente ich mich eines Stücks gekochten Schirrens, welches in einen langen aber schmalen Riemen geschnitten war; das eine Ende desselben lag auf *b* auf, indem ich das andere mit der Pincette in der Luft hielt. Drückte ich dieses allmähig und leise an den matten Froschschenkel *l* an, so blieb derselbe ungereizt; liefs ich dasselbe aber etwa eine Linie hoch auf *l* herabfallen, so erfolgten lebhaftere Muskelererschütterungen. Man glaube nicht, dass bei diesem Versuche auch eine Erschütterung in *b* statt gefunden habe. Denn wenn ich den schmalen Riemen auf *l* auflegte und vier Linien hoch auf *b* fallen liefs, so blieb alles in Ruhe. Ja! diese Ruhe wurde ebenfalls nicht unterbrochen, wenn ich, indem der Muskelleiter sanft an *l* angedrückt wurde, dicht daneben ein, nicht zur galvanischen Kette gehöriges Metall auf den Schenkel fallen liefs. Die beobachtete Erscheinung gehört also recht eigentlich zum Wesen des Galvanismus, und lässt sich keinesweges aus der Eigenschaft \*) belebter Körper, durch mechanische Erschütterungen zu gröfserer Reizempfänglichkeit erweckt zu werden, erklären.

Dauert der Reiz so lange fort, als die Kette, (welche die Armaturen mit den thierischen Organen bilden,) geschlossen bleibt; oder ist seine Wirkung auf den Moment eingeschränkt, wo die unterbrochene

\*) Reil et Gautier de Irritab. p. 7. Note.

Kette von neuem sich schließt? \*) Diese Frage ist nicht so leicht zu beantworten, als es bei einer flüchtigen Betrachtung des Gegenstandes scheint. Ist nicht von der Reizung, von dem Effect des Reizes, sondern von diesem, dem Stimulus selbst, die Rede, so fehlt es an allen Datis zur Entscheidung. Die materielle Urfach, welche (bei dem Schluß der galvanischen Kette) die Muskelerfütterung veranlaßte, kann immer noch fort dauern, wenn auch die Contraction selbst längst aufgehört hat. Dauert sie in gleicher Stärke fort, so kann sie vielleicht nur darum keine neue Contractionen erregen, weil sie als ein habituell gewordener Reiz wirkt. (Nähern wir uns zum ersten Male der duftenden Atmosphäre einer Blume, so werden Geruchswerkzeuge angenehm davon gereizt. Bleiben wir in gleicher Nähe, so hört die Reizung auf, oder der Eindruck wird wenigstens unendlich schwächer, obgleich die Pflanze fortfährt, ihre wohlriechenden Theile gasförmig \*\*) auszutreiben.) Dauert die Urfach der Galvanischen Erscheinung nach Berührung der Armaturen zwar fort, aber nicht in gleichem, sondern in geringe-

\*) Pfaff a. a. O. S. 26. 27. und 207.

\*\*) Gasförmig zwar, aber nicht permanent, das scheint mir daraus zu folgen, daß alle Blumen bei Abend stärker duften. Ich glaube nemlich, daß in der kühlen Abendluft das dampfförmig expandirte Aroma eines Theils Wärmestoffs beraubt, und verdichtet wird. Versuche über diesen spiritus rector sind freilich schwierig; aber es gereicht den Chemisten doch nicht zur Ehre, daß seit Boerhaave darin so gar nichts geschehen ist.

rem Grade, so ist es ganz in der Natur der irritablen Fiber gegründet, nach Anbringung eines heftigen Stimulus, einem specifisch ähnlichen, schwächeren nicht zu gehorchen. Wenn wir unsere Zunge mit concentrirter Essigsäure benetzen, so bringt die mit Wasser diluirte keinen sauren Geschmack hervor. Ich glaube also, daß das Nichterfolgen einer Reizung für die Abwesenheit des Reizes nicht entscheidet. \*)

Frägt es sich hingegen, ob die Muskelbewegungen oder Empfindungen, welche das Galvanisiren erregt, fort dauern, auch wenn die Kette bereits geschlossen ist, so glaube ich, diese Frage für einige

\*) Von dem umgekehrten Fall, ob die Reizung fort dauere, wo der Stimulus removirt ist, sagt Herr Reil (*l. c. p. 52.*) „*In quibusdam vero organis praecipue involuntariis, motus ultra irritamentum perdurare videntur: a tartaro quippe emetico, rejecto iam illo, demum emesis sequitur.*“ Ist aber die Abwesenheit des Stimulus nicht oft bloß scheinbar und hat der ausgebrochene *tartarus emeticus* nicht gerade das zurückgelassen, was die Quer- und Längsfasern des Magens zusammenzieht? Viele Erscheinungen des belebten Körpers entstehen durch Reaction des Organs *y* auf das Organ *x*. Wir halten oft den Stimulus, welcher *y* veranlaßt, auf *x* zu wirken, für den specifischen Reiz von *x*. Zeigt denn dieses letzte Organ eine Veränderung noch dann, wenn der Reiz schon removirt ist, so glauben wir, der *motus* in *x* habe *ultra irritamentum* fortgedauert, obgleich derselbe nur eine Folge der simultanen Einwirkung des Organs *y* ist. — Diese sorgfältige Unterscheidung möglicher Fälle scheint mir für die Physiologie, welche an unauflösbaren Problemen so reich ist, ungemein wichtig, und der große Hallische Physiologe, dessen Arbeiten ich so sehr bewundere, wird bescheidene Zweifel mir nicht verargen.

Fälle aus eigenen neuen Erfahrungen bejahen zu können. Dem Voltaschen Zungenversuche, der fortdauernden Geschmacksempfindung, welche man bisher für diese Bejahung anführte, wurde sehr richtig entgegengesetzt, daß es physisch, wie moralisch unmöglich sey, ein so bewegliches Organ, als die Zunge, zu zähmen, und daß gerade dann, wenn wir alles in Ruhe wähten, die kleinste Verschiebung eines Zungenwärtchens unter der Armatur, eine neue Berührung der Kettenglieder, und also eine neue Reizung veranlasste. Dazu giebt ein Contact der Armaturen an der Zunge und der spongiösen Substanz der Oberzähne nur einmal die leuchtende Erscheinung vor den Augen, und eine Berührung des Froschfchenkels mit dem Muskelleiter bringt nur eine Contraction in jenem hervor. Nach diesen Erfahrungen schien es also nur zu geraths, daß die Dauer der Reizung auf den ersten Moment des Contacts eingeschränkt sey. Neue Versuche haben mich aber vom Gegentheile belehrt. Ich liefs, um dieselben gründlich anzustellen, zwei Blasenpflaster auf meinen eigenen Rücken legen. Die Wunde war mit einer grossen silbernen Münze armirt. Die Zuleitung geschah durch Zink. Nach einmaliger Berührung mit demselben schwollen die Schulter- und Halsmuskeln wechselsweise, unter heftigem Brennen, auf. Ich unterschied, gleich nach Oeffnung der Blase, deutlich drei bis vier einfache Schläge. \*) Zwei davon traten oft erst ein, wenn

\*) Vergl. meinen ersten Brief an Herrn Blumenbach (Gren's Neues Journal B. 2. S. 119.)



der Zink schon längst auf der entblößten Haut ruhte. Diese Erscheinung hing übrigens ganz mit der Reizempfanglichkeit des Organs zusammen. Denn, als die Wunde eine halbe Stunde lang der Luft ausgesetzt war, und das Malpighische Netz erhärtete, fühlte ich bei einem Contact auch nur eine Muskelerstütterung. Es wurden einige Tropfen alkalischer Solution unter die Armatur getropft, und nun zeigten sich, mit erhöhter Irritabilität des Organs, unter heftigeren Schmerzen, auch sogleich die drei- und viermaligen Contractionen wieder. Die Dauer derselben blieb indeß auf eine oder zwei Secunden eingeschränkt, dagegen die brennende Empfindung in der Wunde unaufhörlich und in gleich hohem Grade anhielt, so lange die beiden Armaturen unter einander und mit meiner Schulter in Berührung lagen. Die breite Fläche, welche die Metalle bedeckten, die horizontale ruhige Lage, welche ich derselben gab, und die geringe Beweglichkeit der trägen Rückenmuskeln schlossen hier den Verdacht, als würde der Contact der Galvanischen Kettenglieder unmerklich aufgehoben und erneuert, vollkommen aus.

Wenn in dem gewöhnlichen Fall (Fig. 8.) zwei Metalle *t* und *r* mit einem incitablen thierischen Organe *r*, in wechselseitiger Berührung stehen, so ist eine neue Verbindung von *t* und *r* durch einen dem *r* homogenen Muskelleiter *s* nicht fähig, neue Muskelbewegungen hervorzubringen. Eine galvanische Kette kann also gleichsam nur einmal durch homo-

gene Glieder geschlossen werden. \*) Ist der Muskelleiter  $s$  aber verschieden von  $r$ , so bestimmt sich der Erfolg nach der relativen Mächtigkeit, oder Präponderanz der Excitatoren. Ist nemlich das zuerst applicirte Schlußglied  $r$  in Verbindung mit der Armatur  $t$ , wirkfamer, als das zweite  $s$  in Verbindung mit  $t$ , so wird dieses keine neue Reizung hervorbringen. Dagegen habe ich dieselbe meist beobachtet, wenn  $s$  und  $t$  eine höhere Stufe der Excitationsfähigkeit, als  $r$  und  $t$ , behaupten. In Fig. 2. zum Beispiel entstand eine Muskelbewegung, als ich  $z$  zwischen  $x$  und  $y$  schob. Eine zweite folgte, als (während, daß  $x$ ,  $z$  und  $y$  in Contact blieben,) Zink  $t$  an den Schenkel, und Silber  $s$  an den Nerv applicirt wurden, und dieses Metall jenes berührte. Warum? Weil die Verbindung der irritablen und sensiblen Fiber durch metallische Stoffe wirkfamer, als durch thierische ist. Dauert daher die erstere Verbindungsart durch  $t$  und  $s$  fort, und die Kette  $yzx$ , wird abwechselnd geschlossen und geöffnet, so erweckt diese Veränderung keine neue Muskelbewegung. — Eben so erfolgt die Reizung, wenn in Fig. 8., (wo  $t$  Gold und  $r$  Zink bedeutet),  $r$  nach  $s$  applicirt wird, nicht aber, wenn  $s$  erst nach der Anlegung von  $r$ , in Berührung mit  $t$  tritt. Denn  $r$  und  $t$  ist mächtiger, als  $s$  und  $t$ .

\*) Bei dem Fall Fig. 39., welcher sich auf Belegung mit einer verdampfenden Feuchtigkeit bezieht, ist bereits oben, am Ende des vierten Abschnitts, angemerkt, daß die Verkettung vom Nerven durch  $r$ ,  $z$ , den linken Arm und den rechten nach  $s$ , die allein wirkfame sey.

Schon im Eingange dieser Schrift über den Muskelreiz habe ich die Frage untersucht, was in der galvanischen Kette, während der Reizung, in den leitenden Stoffen vorgehe. Damals war aber bloß von den Nebenwirkungen auf die unbelebte Materie die Rede. Hier komme ich auf den Fall, wo eine erregbare belebte Substanz selbst als Leiter dient, (wie  $x$ ,  $y$  und  $z$  in Fig. 2., oder  $m$  und  $n$  in Fig. 44.) — ein Fall, dessen Erörterung die Anstellung sehr feiner und zusammengesetzter Versuche voraussetzt, und kein geringes Licht über die verborgene Natur des Galvanismus zu verbreiten verspricht.

Das bekannte Experiment, in welchem man das (hypothetisch angenommene) Galvanische Fluidum durch eine Reihe von Menschen, die sich die Hände reichen, durchströmen läßt, ohne daß diese Menschen eine Empfindung davon haben, \*) hatte fast alle Physiologen zu der Behauptung veranlaßt, der Metallreiz wirke nur auf die Organe, an welche die Armaturen unmittelbar applicirt sind. Herrn Volta's Scharfblick konnte das Irrige und Uebereilte dieser Behauptung nicht entgehen. Er sagt ausdrück-

\*) Eine vornehme Person, welche sehr an magnetischen und elektrischen Wunderkuren hing, versicherte mich, so oft sie in der Galvanischen Kette stand, ein eigenes Gefühl der Wärme zu haben. Ich ließ, ohne daß sie es wußte, die metallischen Armaturen sammt dem präparirten Thiere wegnehmen, und — das Gefühl der Wärme dauerte fort, ja es wurde noch lebhafter, als ich mit ernster Mine versicherte, neue und wirksamere Metalle applicirt zu haben!

lich in seinem ersten Briefe \*) an Herrn Vaffali:  
 „Es werden vier oder mehrere Personen isolirt, und  
 „mit einander in leitende Verbindung gesetzt; so  
 „dafs der eine mit dem Finger die Spitze der Zunge  
 „seines Nachbars, und ein anderer, auf eine ähnliche  
 „Art, den blossen Augapfel seines Nachbars be-  
 „rührt, die beiden andern aber mit den nassen Fin-  
 „gern einen frisch präparirten Frosch halten, der eine  
 „an den Füfsen, der andere an dem Rücken dessel-  
 „ben; der erste in der Reihe nehme eine Zinkplatte  
 „in die blofse nasse Hand, und der letzte eine Silber-  
 „platte, die sie in wechselseitige Berührung bringen;  
 „so wie dies geschieht, entsteht sogleich auf der  
 „Spitze der Zunge, die von dem berührt wird, wel-  
 „cher in der andern Hand den Zink hält, ein saurer  
 „Geschmack, und in dem Auge, das von dem Fin-  
 „ger eines andern berührt wird, ein Schein von  
 „Licht, und die Schenkel des Frosches, der zwi-  
 „schen den beiden Händen gehalten wird, werden  
 „heftig in Zuckungen gesetzt. Hier durchläuft also  
 „das elektrifche Fluidum diese ganze Kette von Per-  
 „sonen: warum diese aber keine Erschütte-  
 „rung in den Armen verspüren, darauf läfst sich  
 „leicht das antworten, dafs der Strom nicht hinrei-  
 „chend heftig dazu ist, dafs er es aber genugsam ist,  
 „um diejenigen Nerven, welche empfindlich genug  
 „sind, und durch welche das gesammelte und ver-  
 „dichtete Fluidum geht, zu excitiren, nemlich die  
 „Nerven des Geschmacks, des Gesichts, und die  
 „Cruralnerven des Frosches, die sich alle bei dem

\*) Deutsch in Gren's Neuem Journal 95 B. 2. S. 143.

„angeführten Versuche im Durchgange des elektrischen Stromes befinden.“ Herr Volta glaubt demnach, daß das galvanische Fluidum im Fall Fig. 47. in  $f$  bereits eben so reizend, als in  $r$  sey, und daß es nur an der mindern Erregbarkeit der sensiblen Fiber von  $f$  liege, wenn diese nicht eben solche Contractionen, als  $r$ , zeigen.

Eine Reihe mühsamer Versuche läßt mich glauben, daß die Wahrheit, wie bei so vielen Streitfragen, also auch hier, zwischen diesem vortreflichen Physiker und seinen Gegnern in der Mitte liegt. Es scheint mir nemlich, \*) als sey das circulirende unbekannte Fluidum zwar allerdings schon in jedem Theile der Galvanischen Kette excitirend, als äußere sich aber diese excitirende Kraft, auch bei gleicher Reizempfänglichkeit der Organe, in ungleich höherem Grade bei denen, welche unmittelbar armirt sind, als bei denen, welche von den Armaturen entfernter liegen. Mit diesem Satze stimmen folgende Beobachtungen überein:

Einem getödteten \*\*) Frosche wurde der rechte und linke Schenkel abgelöset. Die Incitabilität des

\*) Dies Gesetz ist nicht ganz richtig in meinem dritten Briefe an Herrn Blumenbach (Gren's N. Journal B. 3. H. 2. S. 169.) ausgedrückt. Ich hatte die Versuche noch nicht genugsam vervielfältigt.

\*\*) Alle Thiere, mit denen ich je experimentirt, habe ich durch Abschneiden des Kopfes und Durchbohren des Rückenmarkes zu tödten gesucht. Ich füge diese Anmerkung einmal für immer bei, um den unangenehmen Eindruck zu mildern, den eine Sammlung zooto-

Thieres war gering. Der Cruralnerv *a* des rechten Schenkels wurde mit Zink *M* (Fig. 58.) armirt, und der Cruralnerv *b* des linken Schenkels mit *M* durch *a* verbunden. Hier blieb aber der zu *a* gehörige Muskel unerschüttert. Ich erhöhte die Reizempfanglichkeit von *a* durch einen Tropfen einer alkalischen Auflösung, und nun — traten die Contractionen im vorgedachten Falle ein. Eben dies bemerkte ich mehrmals bei Thieren, die einen natürlich hohen Grad der Sensibilität hatten. Es kommt allein auf den Zustand der Erregbarkeit von *a* an, denn wenn *a* ein lebhafteres, *b* ein matteres Organ ist, so verschwinden sogleich die Muskelbewegungen des unmittelbar armirten Theils, wenn man *b* an die Stelle von *a* legt, und nun mittelbar armirte *a* und *M* verbindet.

Ich hatte mir zwei Blasenpflaster auf den muscul. deltoid. der rechten und linken Schulter legen

mischer Versuche bei einer gewissen Klasse reizbarer Leseerregen muß. Nach meiner eigenen Art zu empfinden, würde ich ohne diese Vorsicht, die Thiere vorher zu rödten, auch nicht einen einzigen Galvanischen Versuch je haben anstellen können. — Ob aber einzelne abgeschnittene Theile eines nicht zusammengesetzten, nicht polypenartigen Thieres für sich empfinden, mögen die Psychologen entscheiden. Mit unsern Ideen von Einfachheit des Gefühls stimmt es wohl nicht überein, daß aus einem Frosch ohne Kopf, der in der Gegend des Beckens in zwei Hälften geschnitten wird, von denen sich jede für sich Tage lang schauderhaft umher bewegt, zwei empfindende Wesen werden können. Ja! die Bewegung dauert ja in jeder Cubiklinie Muskelfleisch fort, in welche das Thier zerfetzt wird! — Dieser Trostgrund scheint doch etwas sicherer, als der, welchen einige ältere Entomologen von der Stupidität und dunkeln Empfindung der gespielsten Käfer hernahmen!



sondern fast immer, erleiden. Ich erinnere hier an den merkwürdigen Fall, dessen ich schon in meinem dritten Briefe an Herrn Blumenbach (a. a. O. S. 168.) erwähnt habe. Eine zwei Zoll breite Wunde meiner rechten Schulter war mit Zink, eine ähnliche Wunde der linken mit Silber armirt. Ein Eisendrath, welcher mit dem Zink zusammenhing, ging mir durch den Mund, (und zwar zwischen der Oberlippe und der spongiösen Substanz der Oberzähne,) einer zweiten Person aber über die Zunge weg. Als nun der Eisendrath gegen das Silber gebogen ward, und mit ihm in Berührung trat, sah man meinen Muscul. cucullar. lebhaft zucken, ich fühlte ein schmerzhaftes Brennen und Pochen in der Schulter, ich sahe ein blitzähnliches Leuchten vor beiden Augen, und die zweite Person schmeckte die Säure auf der Zunge. Alle diese heterogene Erscheinungen waren in einem Augenblicke vorhanden, ungeachtet der Communicationsdrath eine Länge von einigen Füssen hatte.

Ist aber, was von den belebten Organen des Menschen ausgeht, nur specifischer Reiz für menschliche Organe? Wenn man den Nerv und Muskel eines Wasserfrosches mit heterogenen Metallen armirt; und diese, mittels eines Eisendrathes, verbindet, der über die Zunge weggeleitet wird; so entsteht (die Erregbarkeit des Thieres mag auch noch so groß seyn,) nie die Empfindung der Säure. Anders ist der Erfolg, wenn man die Zunge den armirten Organen näher bringt. Der Schenkelnerv eines Wasserfrosches sey mit Zink armirt, diese und die

Zunge verbinde ein silberner Drath. So oft nun die Zungenspitze den Froschschenkel berührt, wird die Contraction des Muskels und die Säure gleichzeitig erregt. Eben dieses geschieht, wenn in Fig. 1. die Zunge die Stelle von *a* einnimmt. — Wenn man diese Versuche mit dem, an meinen Schultern angestellten zusammenhält, so folgt daraus, daß ein Stimulus, der von den Nerven kaltblütiger Thiere ausgeht, zwar allerdings auch die Nerven warmblütiger Thiere reizt, daß die Reizung aber, unter andern Bedingungen eintritt, als wenn bloß menschliche Organe mit einander verketten sind.

Da die natürlichen Muskelbewegungen durch Unterbindung der Nerven und Arterien, welche einem Muskel eigenthümlich sind, so lange das Band nicht gelöst ist, gehemmt werden, so mußten die Physiologen von selbst darauf fallen, diese Hemmung der Lebenskraft durch die Erscheinungen des Galvanismus zu prüfen. Auch sind Versuche der Art vielfältig aufgezeichnet worden, welche aber fast alle einander widersprachen, bis Herr Valli \*) die wesentliche Bedingung, von der das Gelingen oder Nicht-Gelingen allein abhängt, entdeckte. Diese Bedingung läßt sich nach meinen Erfahrungen an kalt- und warmblütigen Thieren durch folgenden Satz ausdrücken: Die Unterbindung hemmt die Wirkungen des Galvanischen Reizes nicht, wenn dasjenige Stück Nerv, welches zwischen seiner Insertion

\*) S. Valli's Entdeckung weiter ausgeführt in Pfaff a. a. O. S. 31. 210. und 225.



im Muskelfleisch und zwischen dem Bande liegt, in Berührung mit einem isolirenden Körper ist.

Wird daher (Fig. 59.) um den armirten Nerv *a b* in der Mitte bei *c* ein Band gelegt, und der Conductor zwischen *c* und *a* und dann zwischen *c* und *b* angesetzt, so werden im ersten Fall gar keine, im letzten aber so lebhaft Muskelbewegungen erfolgen, als wenn das Band gar nicht vorhanden wäre. Diese Erscheinungen bleiben sich gleich, wenn ich den Nerv, nahe bei *c*, noch mehrmals unterbinde. Wird aber das Band an dem Insertionspuncte bei *b* selbst angebracht, so verschwinden alle Zuckungen, wie man auch immer den Schenkel galvanisire. Eben diese Ruhe erfolgt, wenn die Unterbindung bei *c* bleibt, das Nervenende *cb* aber (Fig. 60.) so gebeugt wird, daß das Muskelfleisch in Berührung mit *c* tritt. Ja! ich habe dieselbe in Fig. 59. auf eine noch einfachere Art erhalten. Das Band blieb bei *c* und war über 4 Linien weit von dem Insertionspuncte entfernt. Die Contraction, welche in diesem Falle erfolgte, als der Silberdrath den Schenkel und die Zinkarmatur verband, verschwand sogleich, als ich das Nervenstück *cb* mit einer frischen Froschleber bedeckte. Denn nun war dasselbe von der Berührung der atmosphärischen Luft ausgeschlossen und mit einem leitenden Medium umgeben.

Alle Phytiker, welche ich über die möglichen Ursachen dieser sonderbaren Bedingung befragte, reduciren dieselbe auf das, von Herrn Pfaff \*) so schön entwickelte Phänomen der Ableitung.

Da

\*) a. a. O. S. 15.

Da die gemeinste Erfahrung lehrt, daß in dem gewöhnlichen Falle Fig. 8. die Contractionen desto schwächer sind, je kürzer die Strecke ist, welche der Nerv frei durch die Luft geht, so wäre es allerdings denkbar, daß der, in Fig. 59. schon durch die Unterbindung geschwächte Nerv, durch die Umwicklung mit *cb* und mit dem Muskelfleische, den letzten Rest seiner Energie verlöre. Diese Analogie ist aber auf falschen Prämissen gegründet. So lange *ab* von einem isolirenden Medium, Luft, umgeben ist, so schwächt die Unterbindung den Effect keinesweges. Die Contractionen, welche die silberne Pincette erregt, sind gleich lebhaft, vor und nach Anlegung des Bandes. Wenn in Fig. 8. der Cruralnerv in dem aufgeschlitzten Muskel bis an den Zink eingehüllt wird, so werden die Bewegungen nur bei sehr matten Thieren ganz aufhören, bei lebhaften allmählig abnehmen. Ganz anders verhält es sich im Fall der Unterbindung. Wenn die Organe auch auf dem höchsten Punkte der Erregbarkeit stehen, so verschwinden auf einmal alle Zuckungen, wenn (Fig. 59.) *cb* von einem leitenden Stoffe umgeben ist. Demnach muß die Unterbindung noch einen verborgenen Einfluß auf die Wirksamkeit der Ableitung haben!

Auch habe ich dabei noch einen andern Umstand von Wichtigkeit bemerkt. Die Entfernung der Armatur vom Bande ist für den Erfolg der Reizung in gewissen Fällen nicht gleichgültig. Der zolllange Cruralnerv eines Wasserfrosches war mit einem Haare dicht am Insertionspunkte unterbunden. Lag die Ar-

Armatur am äußersten Ende des Nerven bei *a* (Fig. 61.), so war jede Art des Galvanisirens unwirksam. Schob ich dieselbe hingegen nach *b* bis auf die Entfernung von  $1\frac{1}{2}$  Linien vom Bande *c*, heran, so war ich im Stande Contractionen zu erregen, wenn ich den Nerv oberhalb des Bandes, zwischen *b* und *c*, mit dem Conductor berührte. Ich glaubte, das Band habe vielleicht nachgelassen, und zog die Armatur wieder bis *a* zurück, aber nun blieb alles in Ruhe, wenn die Berührung auch gleich in den irritablen Organen unterhalb der Unterbindung im Schenkelmuskel geschah. Sollte etwa das Nervenstück *ab* seine Lebenskraft bereits verloren haben, und die Nähe der Armatur bei *c* darum nothwendig geworden seyn? Ich ließ die Armatur unter *a* liegen, löste das Band, und augenblicklich erfolgten die Galvanischen Erscheinungen. In der Erregbarkeit von *ab* war die Urfach der Hemmung also nicht gegründet. Es schien vielmehr, als wenn die Armatur nahe am Bande mächtiger wirke und den Effect desselben aufhöbe. — So viel ich nachsuchen kann, ist das Galvanisiren oberhalb des Bandes noch keinem Physiker vor mir geglückt. Um so nothwendiger hatte ich es, meine Versuche zu wiederholen, und ich finde bei sehr lebhaften Thieren fünf bestätigende Fälle in meinen Tagebüchern aufgezeichnet.

Die Unterbindung der Arterie habe ich, wie Valli, \*) ebenfalls versucht, auch oft nach einer

\*) *Experiments* p. 123. Pfaff a. a. O. S. 131. 134. 278 und 280. und das neue für die chemische Physiologie so reichhaltige Werk: *Medical extracts*, Vol. I. p. 349.

Stunde Schwächung, nach mehreren Stunden gänzliche Lähmung des Muskels, zu dem die Arterie führt, beobachtet. Doch scheint mir diese Art von Experimenten nur in einem entfernten Nexus mit den Erscheinungen des Galvanismus zu stehen. Sie zeigen, daß das arterielle Blut wesentliche Bestandtheile zur Unterhaltung desjenigen Processes herbeiführt, von dem (nach meiner Vermuthung) die Stimmung der Erregbarkeit allein abhängt. Sie begründen daher die allgemeine Theorie der Lebenskraft, nicht die particulären Gesetze des Galvanismus.

Der Streit über Unterbindung der Nerven und Arterien leitete mich sehr früh auf den Gedanken, die sensiblen Fibern gänzlich zu durchschneiden. Ich stellte die ersten glücklichen Versuche der Art im Frühjahr 1790 an. Dieser Gegenstand schien mir schon damals zur Prüfung dessen, was man bisher über die Natur eines Nervenfluidums, und über Regeneration der Nerven lehrte, sehr wichtig. Als ich zufällig, auf einem andern Wege, die Eigenschaft der thierischen Materie, in der Entfernung zu wirken, entdeckte, \*) wurde meine Aufmerksamkeit noch mehr darauf geheftet. Ich freute mich nun, sinnlich darstellen zu können, was große Physiologen von der Existenz sensibler Wirkungskreise, aus theoretischen Gründen, ahndeten. Da diese Untersuchung sich auf Experimente gründet, welche neu \*\*) und mir eigenthümlich sind, so werde ich keiner Rechtfertigung bedürfen, wenn ich dieselben

\*) S. oben, am Ende des vierten Abschnitts.

\*\*) Vergl. damit Herrn Pfaffs Versuche a. a. O. S. 35.

hier in ihrem ganzen Umfange entwickle. Eine vorläufige Anzeige davon ist in meinem ersten physiologischen Briefe an Herrn Blumenbach \*) enthalten.

Wenn der Nerv eines Thieres der Länge nach zerfleischt wird, und auch nur ein einziges Fäserchen übrig bleibt, welches die Armatur mit dem Muskel verbindet, so zeigen sich die galvanischen Erscheinungen in eben der Stärke, als wenn der Nerv noch seinen unverletzten Durchmesser hätte. Stellt man sich, wie einige ältere, und leider! selbst neuere \*\*) Zergliederer, einen Nerv als einen einfachen mit Mark gefüllten Schlauch vor, so muß jener Versuch allerdings wunderbar scheinen. Weist man hingegen, daß das, was wir Nerven nennen, ein sehr zusammengesetztes Organ, ein Aggregat (Bündel) vieler anatomisirenden Stränge ist, so ist die Möglichkeit, daß bei jenem Zerfleischen einzelne Stränge, oder Faden unzerstört bleiben, sehr denkbar. Herrn Reil's Entdeckungen \*\*\*) sind schon von dieser Seite für die pathologische Anatomie unendlich wichtig. Selbst im lebendigen Körper können sogenannte einfache Nerven mannichfaltig verlegt, unvollkommen zusammengeheilt seyn, ohne daß die wirkliche Muskelbewegung ge-

\*) S. Gren's N. Journal, B. 2. S. 122.

\*\*) Z. B. der anonyme Verfasser des Aufsatzes über Nerven-  
kraft in Reil's Archiv für die Physiologie, B. 1.  
H. 2. S. 12.

\*\*\*) S. dessen Abhandlung über den Bau des Hirns in  
Gren's N. Journ. B. 1. S. 109. und dessen *Exercitationes anat. de structura nervorum Fasc. I. Hal. 1796.*

schwächt ist. Auffallender \*) ist der Einfluss dieser Verletzung auf die geminderte Energie der Arterien und Saugadern.

Größere Feinheit der Präparation, sorgfältigere Behandlung, als das longitudinale Zerfleischen der Nerven, erfordert das Durchschneiden derselben nach dem kleinen Durchmesser. Schon aus dem Vorigen (S. Fig. 54.) ist bekannt, dass die Wirkungen des Galvanischen Reizes nicht gestört werden, wenn die beiden Enden eines zerschnittenen Nerven durch leitende Stoffe mit einander verbunden sind. Trennt man daher (Fig. 62.) das sensible Organ so unvorsichtig, dass, (indem *ab* und *cd* von einander entfernt werden,) aus den gegenüberstehenden Oeffnungen der Scheide Nervenmark herausgepresst wird, welches den Zwischenraum *b c* ausfüllt, so wird jede Verbindung des Muskels mit der Armatur allerdings Contractionen erregen, das Experiment selbst aber keinesweges das Daseyn eines sensiblen Wirkungskreises des Nerven erweisen. Nur durch sorgfältige Wiederholung solcher feinen Versuche kann man sich vor Selbsttäuschung sichern, und ob ich mir gleich schmeicheln darf, nicht ganz ungeübt in dieser Art von Sectionen zu seyn, so gestehe ich doch, dass mir noch gegenwärtig unter drei Durchschneidungen des Nerven gewiss eine missglückt.

Man nehme einen recht lebhaften, besonders einen aus dem Winterschlafe erweckten Wasserfrosch,

\*) Vergl. hiemit Sömmerring's Hirnlehre, §. 151. 191. und 193.

und präparire schnell den einen Cruralnerv, so lang als möglich, heraus. Diesen Nerv durchschneide man, indem man ihn mittels einer Pincette, über einer reinen, trocknen, allenfalls etwas abgewärmten Glastafel, in die Luft hält, etwa zwei Linien über seiner Insertion in den Schenkelmuskel, in zwei Stücke. Wenn der Schnitt vollendet ist, lasse man die Nervenenden ja nicht von selbst herabfallen, sondern unterstütze das eine mittels der Pincette, das andere mittels der Scheere, bis man sie auf der Glastafel  $\frac{1}{2}$  oder 1 Linie weit von einander entfernt, in die Lage von *ab* und *cd* (Fig. 62.) gebracht hat. Es ist hierbei sehr wichtig, dass beide Stücke, indem sie die Unterlage berühren, gleich unverrückt liegen bleiben, damit der Zwischenraum *bc* nicht mit einer leitenden Substanz ausgefüllt werde. Man kann auch den Nerv auf der Glastafel ruhen lassen, nur muss dann der Schnitt sehr rasch und derb mit einem scharfen Secirmesser geschehen. Durch Zusammenziehung der Scheiden werden dann, besonders aus dem oberen Ende, genau wie es *Prochafa* abgebildet, Markkugeln hervorgepresst, welche, (wenn man die durchschnittenen Theile von einander entfernt,) eine Leitung von *b* nach *c* begründen würden. Um dies zu verhüten, muss gleich nach dem Schnitte *ab*, sammt der Armatur, und *cd*, sammt dem daran hängenden Schenkel, in die, Fig. 62. gezeichnete Lage, auf eine andere frisch getrocknete Glastafel gelegt werden. Zu mehrerer Vorsicht kann man auch durch ein wenig Baumwolle, welche an einem Eisendraht befestigt wird, den Zwischenraum *bc* ab-

trocknen. Doch muß alsdann die Baumwolle selbst sehr trocken seyn, und weder *b* noch *c* darf berührt werden, weil man sonst unausbleiblich *b c* befeuchten wird.

Wenn bei recht lebhaften Organen diese Bedingungen recht schnell erfüllt werden, und beide Nervenstücke  $\frac{1}{2}$  Linien von einander entfernt liegen, so entstehen Muskelbewegungen, indem die Armatur *M* durch einen heterogenen metallischen Leiter mit *cd*, oder auch selbst mit *ab* verbunden wird. Diese Bewegungen erfolgen, *M* mag auch noch so weit von *b* entfernt seyn. Das obere Nervenende *ab* übt also noch, durch die Luftschicht *bc* durch, seine Energie auf den getrennten Schenkelmuskel aus. Es ist gar nicht nöthig, daß die Mündungen *b* und *c* (wie bei einem Bündel von bloß parallelen Canälen,) sich gegenüber stehen. Zu meinem Erstaunen habe ich bemerkt, daß die Contractionen ebenfalls eintreten, wenn *c* sich der Seitenfläche des Nerven *ab* irgendwo (wie Fig. 63.) auf  $\frac{1}{2}$  Linien Entfernung naht. Wie die Incitabilität der Organe abnimmt, so ist die Berührung von *ab* nicht mehr hinlänglich zur Erregung von Muskularbewegungen, sondern *cd* muß selbst mit *M* verbunden werden. Sinket die Reizempfänglichkeit noch mehr, so muß das untere Nervenende *c* dem obern *b* näher gerückt werden, und der Abstand *bc* wird nach und nach von  $\frac{1}{2}$  Linien auf 0 reducirt. Dieses allmälige Schwinden des sensiblen Wirkungskreises eines Nerven, ist eine Erscheinung, welche gewiß zu den auffallendsten der belebten Natur gehört. Auch haben alle Physiologen,



welchen ich dieselbe, in und außerhalb Deutschland zeigte, mir ihr gleichmäßiges Erstaunen darüber geäußert. Das Maximum des Abstandes, in welchem der belebte Nerv aus der Entfernung wirkt, ist, so wie die Zeit, in der der sensible Wirkungskreis seinen Durchmesser auf 0 zusammenzieht, nach der individuellen Erregbarkeit des Organs, mit dem man experimentirt, verschieden. Geschieht die Präparation langsam, und ist das Thier weniger lebhaft gewesen, so darf  $bc$  oft kaum  $\frac{1}{2}$  Linie betragen. Ueber  $\frac{1}{4}$  einer Pariser Linie habe ich die Weite des Wirkungskreises nie gefunden, so wie die Reizung aus der Entfernung mir nie über 5 — 8 Minuten dauerte. Zur Erregung der Contractionen ist es gar nicht unbedingt nothwendig, daß  $ab$  und  $cd$  Theile eines Nerven sind. Der Versuch ist mir häufig geglückt, wenn  $ab$  vom rechten,  $cd$  vom linken Cruralnerv desselben, oder eines gleichartigen Wasserfrosches waren. Ich habe die Nervenstücke der *Rana esculenta* und der Kröte (*Rana-Bufo*), die der *Rana temporaria* und *Lacerta agilis* gegenübergelegt, und das Galvanisiren ist vollkommen geglückt. Bei kalt- und warmblütigen Thieren, z. B. wenn  $cd$  von dem Cruralnerv einer Hausmaus und  $ab$  von dem eines Wasserfrosches war, konnte ich keine Contractionen erregen. Habe ich diese Versuche nicht oft genug wiederholt, die Theile nicht schnell und fein genug präparirt, oder ist, was aus dem Nerven einer Amphibie durch die Luft ausströmt, nur specifischer Reiz für die Amphibie, nicht für die Muskel-warmblütiger Thiere? Im Ganzen

scheint aus den mannichfaltigen Versuchen, welche ich in meinen Tagebüchern aufgezeichnet habe, zu folgen, daß die Weite des Wirkungskreises allein von dem obern Nervenstücke *ab* abhängt. Zwar habe ich gesehen, daß die schon gänzlich verschwundenen Muskularbewegungen wieder entstanden, als bei einem wohl eine Viertelstunde lang entblößt gelegenen Schenkelnerven, das Stück *cd* allein mit einem andern frisch präparirten verwechselt ward. Aus diesem Experimente scheint mir nur zu folgen, daß zwar ein Nerv vielleicht stundenlang eine reizende Atmosphäre um sich verbreitet, daß aber nur die erregbarsten Organe reizempfindlich genug für einen so unendlich feinen Stimulus sind. Ich habe versucht, wenn *cd* (Fig. 62.) in der Entfernung von  $\frac{1}{4}$  Linie keine Contractionen erlitt, dieselben dadurch wieder herzustellen, daß ich *ab* mit excitirenden Flüssigkeiten, z. B. mit *oleum tartari per del.* mit oxygenirter Kochsalzsäure, mit Moschus-extract benetzte. Ich glaubte dadurch den sensiblen Wirkungskreis des Organs wieder, bis *c* hin, zu erweitern — aber umsonst. Die Fälle, wo Contractionen erfolgten, ließen den Verdacht zurück, daß der Abstand *bc* von den reizenden Mitteln benetzt worden sey. Dagegen gelang es mir, die Zuckungen dadurch wieder herzustellen, daß ich bloß *cd* mit oxygenirter Kochsalzsäure befeuchtete und seine Erregbarkeit erhöhte. Bei den Nerven warmblütiger Thiere, bei welchen die Lebenskraft so unaufhaltsam schnell hinschwindet, ist der Versuch des Durchschneidens sehr schwierig anzustellen.

Bei Vögeln ist er mir nie, wohl aber bei Mäusen, Ratten, einem Lamme und mehreren Kaninchen gelungen. Ich fand den Wirkungskreis dann meist nur auf  $\frac{1}{2}$  Linie und weniger eingeschränkt.

Wenn man bei sehr reizbaren Organen die Nervenenden  $ab$  und  $cd$  durch untergelegte Glasröhren dergestalt erhöht, daß ihre Mündungen  $b$  und  $c$   $\frac{1}{2}$  Linien weit auseinander in freier Luft stehen, so setze man (Fig. 62.) eine dünne Glascheibe  $ef$  dergestalt zwischen dieselben, daß sie weder  $b$  noch  $c$  berührt. Wenn die Muskelbewegungen vorher durch Verbindung von  $M$  und  $d$  einträten, so werden sie nun augenblicklich verschwinden. Ich stelle sie wieder her, sobald ich die Scheidewand wegrücke, oder die von Glas mit einer von Metall vertausche. Ich bleibe hier bei der Anführung dieses einfachen Factums stehen, welches für die Untersuchung der Natur dieser Ausströmung gewiss sehr wichtig ist.

Aus dem Vorhergehenden folgt demnach, daß man sich um jeden Nerv  $m$  (Fig. 64.), wie um einen magnetischen Stab, eine punctirte Linie  $abcd$  denken kann, welche den sensiblen und reizenden Wirkungskreis desselben bezeichnet. \*) Wenn ein anderes

\*) Ich bin nach einzelnen Versuchen, die ich an verschiedenen Thieren angestellt, überzeugt, daß die Größe der reizenden und sensiblen Atmosphäre nicht nur bei den Nerven verschiedener Thiere, sondern auch bei einem Nerven zu verschiedenen Zeiten, und besonders bei verschiedenen Nerven eines Individuums varürt. Wie viel bleibt hier zu entdecken übrig!

Nervenstück *n* innerhalb dieser Grenzen tritt, so kann *m* seine Energie darauf ausüben. Dieser Effect nimmt aber mit schwindender Lebenskraft ab, und der reizende Wirkungskreis *a b c d* wird allmählig in die engern Grenzen *e f* zusammengezogen. — Ich versprach am Schlusse des vierten Abschnittes, als ich den Versuch Fig. 37. entwickelte, neue Thatfachen nachzutragen, welche die Eigenschaft der thierischen Materie aus der Entfernung, das heisst, durch nicht cohaerirende Theile zu wirken, in ihrem ganzen Lichte darstellen würden. Durch die hier beschriebenen Experimente mit durchschnittenen Nerven glaube ich jenem Versprechen genügt zu haben.

Die Art, wie ich dieselben angestellt, müssen mich, wie ich mir schmeichle, vor dem Verdachte der Selbsttäuschung, vor dem Verdachte, als liesse sich der Fall (Fig. 62.) auf den Fig. 54. reduciren, vollkommen sichern. Allerdings muß aus dem Nervenende *b* irgend etwas nach *c* überströmen, was das Medium jener Kraftäußerung ist. Aber dieses Medium ist von der Medulla selbst sehr verschieden. Es ist keine tropfbare Flüssigkeit, denn sonst müßten die Contractionen ausbleiben, wenn *ab* und *cd* durch Glasröhren über die unten liegende Fläche unterstützt, mit ihren Nervenenden in die freie Luft erhoben worden; sonst würde *cd* sich nicht so regelmässig, nach und nach, dem *ab* nähern müssen. Dieses allmählige Verengen des sensiblen Wirkungskreises, welches im Falle Fig. 54. und hier beim Durchschneiden des Nerven beobachtet wird,

ist gerade das, was dieses Phänomen als eine unmittelbare Wirkung der Lebenskraft vor allen Wirkungen der todten Leitungskraft so merklich auszeichnet. Ja! ich habe Fälle beobachtet, wo beide Nervenstücke (Fig. 62.) auf einer Glastafel lagen, und mit abnehmender Nervenkraft  $c d$  in einer Entfernung von  $\frac{1}{2}$  Pariser Linien, der Influenz von  $a b$  nicht mehr gehorchten, und wo ein Wassertropfen, den ich zwischen die Mündungen  $b$  und  $c$  fallen liess, um jenen Zwischenraum auszufüllen, die Communication nicht herstellte! Der ganze Apparat wurde auf eine neue trockne Glasplatte gelegt, und nun entstanden sogleich Muskular-Contractionen, wenn die Entfernung  $b c$  nur  $\frac{1}{2}$  Linie betrug. In diesen Fällen wirkte also die unsichtbare reizende Atmosphäre des Nerven stärker, als die Zuleitung durch Wasser. Was aus  $a b$  ausströmt, scheint auch nicht die Natur einer gewöhnlichen Gasart zu haben. Wenigstens streiten die Versuche mit der Glastafel, oder Metallplatte  $e f$  zwischen  $b$  und  $c$  gegen unsere bisherigen Vorstellungen von Gasarten. Es kommt eher mit den Wirkungen des strahlenden Wärmestoffs, der Materie des Lichts, oder des magnetischen und elektrischen Fluidums überein.

Diese Entdeckung, dass die belebte sensible Fiber eine Kraft besitzt, aus der Entfernung zu wirken, oder eine reizende Atmosphäre um sich zu verbreiten, scheint mir von grosser Wichtigkeit für die physiologische und pathologische Erklärung mancher Erscheinungen des thierischen Körpers. Erfahrene Zergliederer werden zahlreiche

**Anwendungen von selbst machen.** Ich begnüge mich daher nur, an die Phänomene des Gefühls und Geschmacks, an die Regeneration der Nerven und einige sympathetische Wirkungen näher zu erinnern.

1) Die Beobachtung, daß diejenigen Theile des thierischen Körpers, welche von Nerven entblößt sind, keine Empfindung erregen, hat viele Anatomen zu dem Schlusse verleitet, daß überall, wo Empfindung ist, auch sensible Fibern, und zwar deren um so mehr als das Organ empfindlicher ist, vorhanden seyn müssen. So richtig auch die einfache Umkehrung eines allgemein verneinenden Urtheils ist, zu so vielen Irrthümern verleitet eine unlogische Extension derselben. Die Reizempfänglichkeit eines Nerven kann von der eines andern, bei strenger Uebereinstimmung der äußern Organisation, merklich verschieden, und ein Theil, zu dem nur wenige dünne Nervenfäden gehen, wegen der eigenthümlichen Energie \*) derselben, empfindlicher als ein anderer seyn, in den mehrere dickere Nervenstränge verflochten sind. Wir sehen, besonders in pathologischen Fällen, bald dieses, bald jenes Organ sensibler werden, ohne daß darum neue Nervenäste entstehen, oder verschwinden. Wenn ferner überall Nervenfasern getroffen werden sollen, wo die Berührung eines Theils Empfindungen erregt, so müßte die Haut ein undurchdringliches Gewebe

\*) Sollte daher der Satz, den Herr Hildebrandt (Lehrbuch der Phys. S. 40.) aufstellt: „der Grad der Empfindlichkeit verhält sich bei jedem Theile, wie die Quantität des Nervenmarks, welches er enthält.“ unbedingt richtig seyn?

von nervis cutaneis seyn. Auch haben, nach Haller, neuere Schriftsteller \*) wirklich noch ein solches Gewebe angenommen, und, da Portersfield \*\*) eine sensible Faſer der Netzhaut 116400 mal kleiner, als ein Menschenhaar gefunden hatte, so hielt man sehr inconsequent eine solche Verästelung aller Nerven für wahrscheinlich. Der vor-  
treffliche Iſenflamm \*\*\*) hat sich ein beſonderes Verdienst dadurch erworben, das Unbegreifliche dieser Vorstellungsart in ein helleres Licht zu setzen. Er glaubte den Knoten dadurch zu lösen, daß er in jedem Puncte der Haut, zwar nicht Nervenfaſern, wohl aber die markige Subſtanz einzelner Nerven, welche in das ſchleimige und netzförmige Gewebe ſich ergoſſe und gleichmäſſig vertheilte, annahm. Es ſcheint, als wenn die Analogie mit dem Sehnerven und der portio mollis des ſiebenten Paares ihn auf diese Idee geleitet hat. Setzt dieselbe nicht ebenfalls eine continuirte Marklamelle in der Haut voraus, oder muß die Haut vielmehr diese Lamelle nicht ſelbſt ſeyn? Neuere Phyſiologen wichen theils der Unterſuchung des Problems vorſichtig aus, theils ſchienen ſie der Iſenflammſchen Hypotheſe zu folgen, bis Herr Reil †) mit ſeiner

\*) Ausdrücklich in *Medical extracts*, Vol. I. p. XVIII.  
Vergl. Haller's Anfangsgr. der Phyſiologie, B. IV. S. 639.

\*\*) *Treat. on the eye*, T. II. p. 64.

\*\*\*) Versuch einiger praktiſchen Anmerkungen über die Nerven, 1774. S. 62.

†) Grön's N. Journal, B. 1. S. 113. und Arch. für Phyſiologie, B. 1. H. 1. S. 89.

Theorie von einer sensiblen Atmosphäre um den Nerven hervortrat. Diese entledigt gleichsam den Anatomen des mühevollen Geschäfts, Organe zu entdecken oder hin zu zaubern, wo sie der Physiologe zu feinen Erklärungen bedarf. Sie macht es begreiflich, wie ein Membran, welches auf der Fläche von vier Quadratlinien nur durch einen Nerven senkrecht durchbohrt ist, doch mittels dieses einzigen Nerven in jedem nahen, oder fernen Punkte empfindlich seyn kann. Das Empfindliche in der menschlichen Bildung ist nemlich das Seelenorgan allein, und der Nerv (sammt dem Wirkungskreise, den er verbreitet,) ist das Medium zwischen dem Seelenorgan und den einwirkenden reizenden Objecten der äußern Sinnenwelt.

Eine Note in dem berufenen System der Heilkunde des John Brown \*) belehrt mich, daß, schon lange vor Herrn Reil, die Vermuthung über eine sensible Atmosphäre der Nerven (zum größten Aergerniß der Brownianer) in Edinburg öffentlich vorgetragen wurde. Was aber bis dahin nur Vermuthung seyn dürfte, glaube ich jetzt durch die Versuche Fig. 62. 63. und 64. sinnlich erwiesen zu haben. Wir sehen, daß man durch seine Präparation der Organe sogar im Stande ist, den Durchmesser jener Wirkungskreise zu messen. Wir sehen, daß diese Durchmesser nach Verschiedenheit des

\*) Uebersetzt von Pfaff 1796. S. 149. o. „man liefs „sogar ein elastisches Fluidum, eine Atmosphäre um die „Nerven bilden, und erklärte damit die Verrichtung „lebender Systeme.“



Grades der Erregbarkeit sich vergrößern, oder verkleinern. Herr Scarpa, welcher auf diese Versuche die schmeichelhafteste Aufmerksamkeit heftete, erinnerte mich bei jener Erzählung vorzüglich an die wunderbar gebildeten Zungenwärtchen (*papillae gustatoriae*), deren großer Abstand von einander ihn längst in Erstaunen gesetzt. Wenn bloß die unmittelbare Berührung derselben die Geschmacksempfindung auf den *ramus lingualis* des dritten Hauptasts vom fünften Paar fortpflanzte, so müßte allerdings (trotz der pinfelartigen Verbreitung so vieler Nervenfasern in die Wärtchen,) der durch so wenige sensible Punkte erregte Geschmack sehr schwach seyn. Verbreitet aber jedes kegelförmige, fast asterienartige \*) Wärtchen einen sensiblen Wirkungskreis um sich her, so ist leicht einzusehen, wie eben dadurch die Zahl der wirksamen Berührungspunkte vermehrt werden kann. Den Einfluß abgerechnet, welchen der aus den eigenen Schleimbälgen secernirte Schleim auf die Schärfe, oder Stumpfheit des Geschmacks haben muß, läßt sich dieser Unterschied auch aus dem Versuche Fig. 64. selbst herleiten. In Zeiten, wo der sensible Wirkungskreis, den jedes Zungenwärtchen den reizenden Stoffen darbietet, sehr groß ist, müssen dieselben einen lebhaften Eindruck auf den Zungennerven machen.

\*) So scheint es in den herrlichen Präparaten, welche Herr Scarpa zu seiner Schrift über das Geschmacksorgan, an der er arbeitet, benutzt. Die Sammlung, welche der große Mann für das Wilsonsche Mikroskop bereitet hat, ist ein schönes Denkmal seines Scharfblicks.

**machen.** In Zeiten, wo bei geringer Energie des Nervensystems die Atmosphäre einen kleineren Durchmesser hat, ist der wirkfame Contact geringer, und also der Geschmack stumpfer. Eben diese Erklärungsart läßt sich auf mehrere Zungen anwenden, die bei verschiedener Reizempfänglichkeit doch mit einer gleichen Anzahl von Wärzchen besetzt sind; eben diese Erklärungsart auf die Papillen der Fingerspitzen und der ganzen übrigen Haut.

Ernsthafte Beobachter reden von Erfahrungen, nach welchen bisweilen eine Empfindung von der Existenz eines nahen Körpers erregt wird, ehe die Berührung selbst geschieht. Ich weiß nicht, ob dieses Problem durch das Gefühl einer veränderten Temperatur, durch den aus nahen Körpern ausströmenden Wärmestoff hinlänglich aufgelöst werden kann. Der Versuch Fig. 64. zeigt aber die Möglichkeit, daß ein Nerv, dessen sensible Atmosphäre sich nach allen Seiten erstreckt, ohne berührt zu werden, Eindrücke empfangen und fortpflanzen kann. Der Hutterische Blitzversuch scheint dies zu bestätigen, da die Erleuchtung, (wie man in England ausdrücklich bemerkt hat,) bisweilen schon eintritt, wenn das eine Metall und die Zunge noch nicht im Contact, sondern eine Linie weit von einander entfernt sind. Auch an die Möglichkeit der sogenannten Magnetischen Curen, bei denen die bloße Nähe der Hand, (ohne allen Magnet) Wärme und Reiz in entbloßten Theilen hervorbringen soll, möchte ich hier erinnern, wenn man in dem aufgeklärten Deutschlande den Glauben an jene Möglichkeit

äufsern dürfte, ohne nicht selbst für nervenkrank oder exaltirt gehalten zu werden. Bequemer ist es freilich, Facta zu leugnen, als sie zu untersuchen, oder durch Gegenversuche zu widerlegen. \*)

2) Bleiben, bei Durchschneidung eines Nerven in chirurgischen Fällen, die Enden desselben nach der Trennung innerhalb ihres gemeinschaftlichen Wirkungskreises, so könnte allerdings, nach Analogie der Versuche 62 — 64, die Willenskraft fortfahren, den zu dem getrennten Nerven gehörigen Muskel zu Bewegungen zu reizen. Dieselben Erfahrungen, nach denen wir die Möglichkeit dieser Reizung einsehen, erklären uns aber zugleich auch, warum sie in der menschlichen Organisation nie statt habe. Bei der Operation selbst werden die Nervenenden meist übermäfsig von einander entfernt, und es ist unmöglich, sie während der Heilung so zu behandeln, als Froschnerven auf einer reinen und trockenen Glastafel. Durch den Schnitt wird der verwundete Nerv geschwächt, und diese Schwäche verkleinert seinen Wirkungskreis noch mehr. Endlich liegt das grofse Hindernifs bei Fortpflanzung der Nervenkraft in der Vernarbung der Enden, welche aber freilich nicht immer eintritt. Denn bei kaltblütigen Thieren bleibt sogar der Theil unter dem Schnitte, oder das mit dem Seelenorgan gar nicht cohärirende Nervenstück Jahrelang frisch,

\*) Ein nachahmungswürdiges Muster einer solchen gründlichen und bescheidenen Widerlegung hat Herr Kühn in seiner kleinen Schrift: Ueber die Wunderhand des Grafen von Thun, Leipzig 1794. gegeben.

rund, wohlgenährt und unvernarbt. *Monro* \*) hat hierüber am ischiadischen Nerven merkwürdige Versuche angestellt.

Wenn man diese Beobachtungen über die empfindenden und reizenden Wirkungskreise der Nerven mit dem vergleicht, was ich oben (am Ende des sechsten Abschnitts) über die Phänomene der Zuleitung und das daraus erklärbare Sensibelwerden kranker Theile vorgetragen; so finden wir jetzt eine zweifache Art, wie Eindrücke, welche nicht unmittelbar den Nerven treffen, sondern nur in seiner Nähe geschahen, doch zu dem Seelenorgan fortgepflanzt werden können. Diese Erklärungen gründen sich nicht auf speculative Möglichkeiten, sondern auf die einfachen Analogien wirklicher Erfahrungen. Wenn das Ende eines Nerven von nicht leitenden Stoffen, wie in den Knochen, oder Luftzellen, umgeben ist, so wirkt er aus der Entfernung durch seine Atmosphäre allein. Kommt der Nerv mit leitenden Stoffen, mit Lympe, Blut, oder Zellstoff in Berührung, so erhöht diese Atmosphäre die Leitungskraft der zunächst an ihn grenzenden Theile. Wenn Fig. 62. beide  $x$  und  $y$  Punkte einer leitenden Membran sind, so wird der Stimulus auf  $x$  angewandt, heftiger reizen, als in  $y$ , — nicht, weil  $x$  seiner chemischen Mischung wegen, ein vollkommenerer Leiter, als  $y$  ist, sondern, weil  $x$  innerhalb,  $y$  außerhalb des sensiblen Wirkungskreises des Nerven  $a b$  liegt. Ist demnach der Theil, von

\*) Bemerk. über Structur und Verrichtung des Nervenstems, 1787. S. 21 und 25.

welchem die Empfindung ausgeht, oder das Organ, auf welches der Nerv seine reizende Energie activ ausübt, um *b* von *b*, entfernt, so wirkt die zuleitende Kraft des Mediums allein. Dieser letztere Fall, den der Versuch Fig. 54. erläutert, steht, wie mich dünkt, in naher Verbindung mit der so wunderbar scheinenden Regeneration der Nerven. Die vortrefflichen Erfahrungen, welche Herr Arne-  
mann \*) gesammelt, zeigen unwidersprechlich, daß, wenn ganze Nervenstücke ausgeschnitten werden, die übrigen beiden Enden sich durch Zellstoff, der aus gerinnbarer Lymphe neu erzeugt wird, wieder vereinigen, und daß nach dieser Vereinigung die willkürliche Muskelbewegung, oder Spannkraft, (nicht aber die Empfindung?) wieder eintritt. Wäre der Zellstoff eine isolirende Substanz, so würde sich die Energie des obern mit dem Seelenorgan noch cohärirenden Nervenstückes gewiß nicht auf das untere fortpflanzen.

Ich rede keck von der Regeneration der Nerven, obgleich berühmte Zergliederer sie gerade hin läugnen. Eine Verlängerung durch Zellstoff ist allerdings nicht Wiedererzeugung zu nennen. Der große Mainzer Anatom führt \*\*) ausdrücklich an, daß das reproducirte Stück nie das charakteristische (gebänderte) Ansehen der übrigen Nerven erhielt. Ich wage es, diesem Satze zu widersprechen. Wenn auch in zahlreichen Versuchen jenes charakteristische

\*) Versuch über Regeneration der Nerven, B. I. Cap. 3. und 5.

\*\*) Sömmerring's Hirnlehre, §. 179.

Kennzeichen fehlte, so beweisen doch wenige, unter günstigen Verhältnissen angestellte Erfahrungen hinlänglich, daß der Natur auch diese Reproduction möglich sey. Ich erinnere hier an die Präparate, welche Felice Fontana \*) besitzt, und in denen sich, (wie in denen von Cruikshank,) große wiedererzeugte, durchgehends spiralförmig gebänderte Stücke des Interkostalnerven deutlichst zeigen. Ein gelingender Versuch beweist mehr, als viele nicht glückende Versuche.

Sollte die größere Erregbarkeit der mageren, und das träge Phlegma der fetten Menschen nicht mit \*\*) davon herrühren, daß bei jenen die Nerven freier, bei diesen von zähem fetten Oele umflossen sind? Allerdings ist das, im lockern Zellgewebe angehäufte, Fett immer mit einer serösen leitenden Feuchtigkeit gemengt. Daß aber das Ganze des Gemenges um so isolirender seyn muß, je mehr ölige Theile darin enthalten sind, ist nach obigen

\*) Ueber die Sorgfalt, mit welcher diese Reproductionsversuche angestellt wurden, s. Abhandlung über das Viperngift, 1787. S. 355. Vergl. hiemit William Cruikshank in *Philos. Transact. for 1795*, P. 1. p. 177. und John Haighton *l. c.* p. 190. übersetzt in Reil's Archiv der Physiologie, B. 2 H. 1. S. 57. und 71. Herr Haighton würde sich den problematischen Ausgang mancher seiner Versuche leicht haben erklären können, wenn er mit dem sensiblen Wirkungskreise der Nerven und der Leitungskraft des Zellstoffs bekannt gewesen wäre.

\*\*) Ich sage bedächtig: mit davon herrühren; denn die Hauptursache liegt wohl in der Sömmeringschen Entdeckung der relativen Größe des Hirns. Vom Bau des menschlichen Körpers, Th. V. §. 96.

Erfahrungen wohl sehr wahrscheinlich. Bei feisten Körpern muß also die Zuleitung des empfangenen Eindrucks auf den Nerven schwächer, die Reizung mehr auf den sensiblen Wirkungskreis selbst eingeschränkt seyn, als bei mageren. — Wenn man bedenkt, wie wichtig die allgemeine Receptivität des Menschen für sinnliche Eindrücke, seiner intellectuellen Bildung, der ganzen Bestimmung seines Charakters ist, so wird man es der Mühe nicht unwerth finden, die ganze Summe kleiner Ursachen, welche eine so große Wirkung hervorbringen, sorgfältig aufzufuchen.

Bei so mannichfaltigen Beweisen für die Atmosphäre der Nerven mag es wunderbar scheinen, warum es noch nie geglückt ist, einen entblößten Nerven dadurch wirksam zu reizen, daß man (Fig. 64.) ohne ihn selbst zu berühren, mit einer Lanzette in den Raum *abcd* sticht. Diese Schwierigkeit ist leicht gehoben, wenn man bedenkt, daß die Wirksamkeit des Reizes uns nur an zwei Kriterien, an erfolgter Muskelbewegung, oder Rührung des sensiblen Seelenorgans, bemerkbar werden kann. Nun muß ein mechanischer Stimulus schon sehr heftig seyn, um Zuckungen hervorzubringen, und die Erschütterung des feinen Stoffes, den wir uns innerhalb der Grenze *abcd* vorstellen, kann wohl nicht so wirksam seyn, um im Muskel eine für uns bemerkbare Contraction zu erwecken. Die nicht bemerkte Zuckung beweist also nicht sowohl gegen das Daseyn der Atmosphäre, als für die unschickliche Application des Reizes. Ob endlich dabei eine Empfindung

erregt werde, das ist etwas subjectives, worüber wohl schwerlich ein genauer Versuch anzustellen seyn möchte, da Verwundungen immer ein gleichzeitiges verworrenes Gemisch schmerzhafter Sensationen erregen.

3) Eine große Anzahl sympathetischer Erscheinungen in dem Nervensysteme mag sich ebenfalls auf der Wirkung der sensiblen Atmosphären und der Zuleitung gründen. Die meisten lassen sich freilich auf Anastomosen der Nervenfasern (wie bei den wichtigen Intercostal-Antlitz- und Stimmnerven, oder den drei dädalisch gewundenen Aesten des fünften Paares) zurückführen. Aber, wie manche bleiben noch zu erklären übrig, wo die Verästelung fehlt, und man zur Nähe der Nervenursprünge im Gehirne und zur Reaction dieses Seelenorgans seine Zuflucht nimmt? \*) Ohne diese Reaction zu läugnen, kann die Mitleidenschaft oft nur darauf beruhen, daß ein Nervenfasern in der sensiblen Atmosphäre des anderen liegt, oder daß wirklicher Contact, wie beim Opticus und den Ciliarnervchen, durch Zuleitung den Eindruck fortpflanzt. In einer so feinen Materie wäre es unvorsichtig, apodiktisch zu entscheiden.

Uebersaus merkwürdig und charakteristisch für die Natur der belebten Nerv- und Muskelfaser ist es, daß alle diese Wirkungen aus der Entfernung, beim

\*) Vergl. Sprengel's Handbuch der Pathologie, Th. I. S. 65. Ein Werk, das, nebst seiner Geschichte der Medizin, zu den wenigen gehört, auf welche unser Vaterland stolz seyn darf.



galvanischen Versuche, nur unter den thierischen Organen selbst, und nie, nie unter zwei Metallen oder andern unbelebten Gliedern der Kette eintreten. Der Fall Fig. 37. macht keine Ausnahme hiervon, da in demselben Muskelfleisch und Metall auf einander wirkten. Dagegen habe ich (Fig. 8.) das Nervenende *a* auf einer Glasplatte so nahe an den Zink herangedrückt, daß sein Abstand von demselben unter der Lupe betrachtet, gewiß kaum  $\frac{1}{4}$  einer pariser Linie betrug, aber nie durch Application von *r* oder *s* eine Contraction erregen können. Eben so bleiben dieselben aus, wenn in Fig. 62. das Metallplättchen *ef* nicht frei, mitten in der sensiblen Atmosphäre stand, sondern *b* berührte, und so gleichsam die Mündung des obern Nervenstückes verdeckte. Auch in Fig. 48. hindert der kleinste Zwischenraum zwischen den beiden metallenen Muskelleitern, *b* und *c*, den Effect des Galvanischen Reizes. Wenn demnach die Erfahrung lehrt, daß Metall auf Metall nie, ein thierischer Stoff auf ein Metall in einigen Fällen, und Nerv und Nerv häufig aus der Entfernung auf einander wirken, bedarf es (nach dem Erzählten) eines Beweises mehr, um zu zeigen, daß diese Wirkung im Verkehr mit der Lebenskraft selbst steht?

Noch bleibt der letzte auffallende Versuch über die irritablen und sensiblen Atmosphären übrig, dessen ich ebenfalls schon früher an einem andern Orte gedacht habe. \*). Die Veranlassung dazu war folgende. Ich vermuthete, nach einer selbst geschmie-

\*) Gren's Neues Journ. der Physik, B. 2. S. 123.

deten albernem Hypothese, daß  $+E$ , wenn es durch heterogene Metalle, oder von einem Metalle in einen thierischen Stoff übergehe, in  $-E$  verwandelt werde, daß  $\pm E$  beim Uebergange durch homogene Stoffe  $\pm E$  bleibe. Hieraus ließ sich manche Galvanische Erscheinung erklären. Um nach dieser Hypothese zu experimentiren, umwickelte ich (Fig. 65.) den einen Schenkel  $b$  der silbernen Pincette mit frischem Muskelfleische, in der Absicht, indem  $c$  auf dem Zinke aufstand, den Nerv durch  $b$  zu berühren. Ehe ich aber diese Absicht erfüllen konnte, kam ich zufällig mit  $b$  dem sehr lebhaften Froschschenkel nahe. Ich war mir bewußt, denselben nicht berührt zu haben, und dennoch erfolgte eine lebhafte Zuckung. Ich wiederholte erstaunt den Versuch, war volle  $\frac{1}{4}$  Linien weit vom Muskel  $P$  entfernt, aber seine Erschütterung blieb nicht aus. Wenn  $b$  an 2 bis 3 Linien vom reizbaren Organe abstand, so erfolgte keine Reizung. Demnach bewirkte der bloße Contact der heterogenen Metalle in  $a$  und  $c$  dieselbe nicht, und der Versuch Fig. 65. ist keinesweges auf meinen früher erzählten (aber weit später gemachten) ohne Kette Fig. 9. zu reduciren. Je mehr die Erregbarkeit von  $P$  abnahm, desto näher mußte der Abstand  $b P$  seyn. Nach 4 bis 5 Minuten war der irritable Wirkungskreis der thierischen Materie ganz verschwunden, und  $b$  mußte im Contact mit  $P$  stehen, um eine Contraction hervorzubringen. Beim Muskelfleische scheint das Phänomen der Atmosphären weit seltner bemerkbar, als beim zer schnittenen Nerven zu seyn. Bis zum Junius des verfloffenen

---

Jahres hatte ich nur zwei Fälle beobachtet. Seit meiner Rückkunft aus Italien sind mir aber drei andere vorgekommen. Sie gaben ganz ähnliche Resultate. Der Wirkungskreis war indeß bisweilen auf  $1 - \frac{1}{2}$  Linien erweitert und eine Glasplatte zwischen  $b$  und  $P$  hemmte (wie *cf* Fig. 62.) den Effect der Reizung. Eben dieß that meist die Entblösung des silbernen Schenkels  $b$ . Ich kann nicht ohne ein besonderes Wohlgefallen an diese Experimente zurück denken. Man glaubte den Schenkel angeweht zu sehen, wenn  $b$  seiner Länge nach, in einigem Abstände, über ihn hinfuhr. Hier verschwindet jeder Verdacht, daß irgend eine tropfbare Flüssigkeit den Luftraum  $bP$  füllen und  $b$  und  $P$  in Berührung bringen kann. Die Kette ist allerdings geschlossen, aber durch die unbekannte Ausströmung des belebten thierischen Stoffes!

---

## Achter Abschnitt.

Der galvanisirte Muskel muß organisch mit einem Nerven verbunden seyn. — Erwärmung der Excitatoren. — Wells'se Versuche über die Reibung. — Excitationskraft kann durch einmalige Berührung mitgetheilt werden. — Medium, in welchem galvanisirt wird. — Versuche in sieben Gasarten, im luftleeren und luftverdichteten Raume, in tropfbaren Flüssigkeiten. — Galvanische Erscheinungen an Pflanzen. — Blick auf den innern Bau derselben. — Wo ist die sensible Fiber in den Vegetabilien zu suchen? — Würmer. — Ueber Nerven der Conchilien, *Hirudo*, *Lumbricus*, und *Sepia*-Arten. — Anatomie der kleinen Wasserbewohner. — Versuche mit Naiden, Lernäen, Taniën und Ascarisarten. — Zoonomische Betrachtungen. — Insecten und ihre Nerven. — Fische.

Zur Hervorbringung Galvanischer Erscheinungen ist es unbedingt nothwendig, daß der Nerv, welcher einen Muskel zur Contraction reizen soll, organisch mit demselben verbunden sey. Weit davon entfernt, wie die Boerhavische Schule \*) den Muskel selbst für Fortsetzung der sensiblen Fiber zu halten, so sehen wir doch beide Organe in einem so innigen Nexus miteinander stehen, daß die thierischen Bewegungen gewiß eben so wenig die Wirkung des einen, als die Flamme die Wirkung der Lebensluft.

\*) *Marherr Praelect. in Instit. physiolog. Boerh. T. 2 p. 614.*

allein zu nennen ist. Zwar hat die Analogie des galvanischen und elektrischen Fluidums auch hier zu übereilten Schlüssen verleitet. Wenn ein Nerv aus einem Muskel ausgeschnitten, und wieder mit ihm in Berührung gebracht wird, so kann ein Schlag der Kleist'schen Flasche allerdings den Muskel erschüttern. Dies ist aber bloß Folge der Haller'schen Irritabilität, und es ist gleichgültig, ob man den Schlag durch das Nervenstück, oder ein Metall in die irritable Fiber leitet. Beim Galvanischen Versuche wird die Muskelerstütterung aber durch die alleinige Reaction des gereizten Nerven hervorgebracht. Wenn man den armirten Cruralnerven eines auch noch so lebhaften Frosches recht tief ausschneidet und ihn sorgfältig an eine Stelle des Schenkelmuskels legt, wo kein Nervenast selbst durch die Lupe zu beobachten ist, so entsteht nie eine Contraction, man mag Nerv und Zink, oder Schenkel und Zink durch Silber miteinander verbinden. Geschieht dies Experiment weniger sorgfältig, \*) so erfolgen allerdings bisweilen Muskelbewegungen. Der Grund derselben liegt aber, wie ich oftmals gefunden, darin, daß der ausgeschnittene Nerv an einen feinen, noch mit Muskelfasern organisch verbundenen Nerven zufällig anliegt. Jener wirkt alsdann durch Zuleitung auf diesen, und der ganze Versuch ist mit dem Fig. 47. in welchem der Nerv mittelbar armirt ist, völlig übereinstimmend. Ein kenntnisvoller junger Wundarzt bei der deutschen Rheinarmee, dessen

\*) Vergl. *Reil de irritabilitate*, p. 43.

Name mir leider entfallen ist, erzählte mir im Hauptquartier zu Munzernheim, unter mehreren merkwürdigen Experimenten, dieselbe Beobachtung angestellt zu haben.

Ich habe bereits oben (gegen Valli) angezeigt, daß idioelektrische Körper, als: Glas, Bernstein und Siegellack, wenn sie auch noch so dünn sind, durch die Glühhitze nicht leitend für den Galvanischen Reiz werden. Weit wirkfamer finde ich die Anhäufung des Wärmestoffs, in den sogenannten Excitatoren, d. i. in den metallischen Armaturen.

Die Herren Fowler und Pfaff \*) behaupten zwar, daß Metalle bei einer hohen Temperatur eben so wirken, als bei einer niedrigeren. Wiederholte Versuche haben mich aber belehrt, daß dies nur bei der Glühhitze der Fall ist, nicht aber bei einer leisen Erwärmung, welche die Verdampfung befördert. Diese vermehrt allerdings die Contractionen. Es bedarf hier keiner Erinnerung, daß nie die Armaturen \*\*) selbst, mit denen die belebten Organe in Berührung stehen, sondern nur die Zwischenglieder erhitzt werden dürfen. Jene würden ihre Temperatur schnell dem Nerv und Muskel mittheilen und die Erregbarkeit derselben ändern, woraus dann unreine Resultate erfolgten. Am auffallendsten ist die Wirkung der Erwärmung bei dem Hauchversuche (Fig. 35.),

\*) *Fowlers Experiments and Obs.* p. 21. Pfaff a. a. O. S. 36.

\*\*) Ich habe einmal die Zinkarmatur so erglüht, daß der Nerv darauf zischte. Die Contractionen erfolgten dennoch bis der Nerv ganz zusammengeschrumpft war.

welcher am Ende des vierten Abschnitts umständlich beschrieben ist. Wenn das heterogene Metall *Z*, welches auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt seyn muß, eine Temperatur von  $60 - 70^{\circ}$  R. erhält, so werden die Muskeln weit heftiger erschüttert, als wenn *Z* die gewöhnliche Temperatur von  $10 - 12^{\circ}$  R. hat. Aber nicht bloß Mittheilung des Wärmestoffs oder Uebergang desselben von einer Substanz in die andere, sondern auch ursprüngliche Erregung desselben durch Reibung scheint die Galvanischen Versuche zu begünstigen. Der D. Wells hat hierüber sinnreiche Beobachtungen gesammelt, welche bereits am 19. Merz 1795 der Königl. Societät zu London vorgelegt wurden. Da dieselben noch ungedruckt sind, so war es mir um so willkommener, sie durch Herrn Pictet und Herrn Allen, welcher gegenwärtig mit vielem Beifall über die *Physiologia comparata* zu Edinburgh liefert, mitgetheilt zu erhalten. — Eben diesem Schottischen Gelehrten verdanke ich sehr feine kritische Bemerkungen, welche er über meine Ideen vom Muskelreize in seinen Vorlesungen geäußert hat. — Der D. Wells fand, daß wenn zwei homogene Metalle keine Zuckungen \*) erregten, dieselben eintraten, wenn eines derselben an einem Ende mit Seide, Wolle, Fischhaut, Siegellack, Holz, Marmor, oder der Hand gerieben wurde.

\*) Er läugnet überhaupt, daß ganz homogene Metalle von einerlei Temperatur Galvanische Erscheinungen geben. Vielleicht würden ihn meine im vierten Abschnitte erzählten Versuche Fig. 16. und 17. von diesem Irrthume zurückbringen.

Befeuchtung begünstigte den Effect des Reibens. Das geriebene Metall behielt seine Excitationskraft, auch wenn es über 200 Contractionen erweckt hatte. Ja, was noch sonderbarer scheint, Herr Wells beobachtete, daß die Wirkung des Reibens sehr geschwächt wurde, wenn dasselbe nicht an einem, sondern an beiden Enden der Armatur geschah. Bisweilen stieg diese Schwächung bis zur völligen Vernichtung der Excitationskraft, und es schien dann, als habe ein gleichstarkes Reiben an zwei Enden die vorige Wirkfamkeit auf.

Dieses letzte Experiment ist mir nicht geglückt, ob ich gleich noch vor wenigen Stunden damit beschäftigt war. Vielleicht liegt der Grund in einem bestimmten und mittlern Grade der Erregbarkeit, welcher dazu erfordert wird. Da ich also ungewiß seyn muß, ob ich mit Herrn Wells unter einerlei Bedingungen experimentirte, so bin ich weit entfernt, ihn einer Selbsttäuschung zu beschuldigen. Vielmehr habe ich schon früher eine Reihe von Versuchen angestellt, welche vielleicht mit den seinigen in einiger Beziehung stehen.

Wenn ein Schenkelnerv (Fig. 60.) mit Golde *A* armirt ist, und mit homogenem Golde berührt, keine Contractionen erregt; so erfolgen dieselben in vielen Fällen augenblicklich, wenn man *A* in *r* mit Zink erschütternd schlägt, und nun den Versuch wiederholt. Diese Erscheinung ist überaus merkwürdig und neu. Wenn das Gelingen, oder Nichtgelingen in Fig. 32. oder 35. von einem bloßen Hauche abhängt, so ist es hier an etwas noch Feineres, an



das einmalige Berühren zweier Metalle gebunden. Man glaube nicht, der Zink wirke dadurch auf *A*, daß er im Reiben etwas von seiner Substanz fahren lasse. Wäre dies der Fall, bildete sich auf dem Golde ein Ueberzug von Zink, so würde die Muskelerschütterung nur dann erfolgen, wenn *A* in *r*, und nicht, wenn es in *s*, (wo kein Zink hingetroffen,) mittels *B* mit dem Schenkel verbunden wird. Der Contact des Goldes und Zinks theilt jenem also etwas mit, was, von dem Berührungspuncte aus, sich auf die ganze Fläche verbreitet. Was ist dieses Etwas? — Noch mehr: wenn die Erregbarkeit der Organe schon zu sehr herabgestimmt ist, um in Fig. 25., (wo Zink *a*, Muskelfleisch *b*, Gold *c*, und Silber *k*, mit den belebten Organen eine Kette bilden,) wirksam gereizt zu werden, so habe ich die heftigste Muskelerschütterung eintreten gesehen, wenn *k* das Gold nicht eher berührt, als bis dasselbe durch einen isolirenden Körper auf den Zink niedergedrückt wird, und der Contact von *c* und *a* bereits eben wieder aufgehoben ist. Hier wird abermals durch einmalige Berührung der Metalle das Hinderniß hinweggeräumt, welches der Wirksamkeit der Reizung im Wege stand. Wenn man recht schnell verfährt, so kann man auch, statt *c* auf *a* niederzudrücken, es mit einer Pincette von *b* abnehmen, auf eine dritte Zinkstange schlagen und in seine vorige Lage zurückbringen. Hiebei hat sich durch viele Versuche gezeigt, daß *c* auf ein anderes (homogenes) Goldstück geschlagen, gar keine, auf Eisen eine schwache, auf Zink hingegen eine sehr starke Excitationskraft erhält.

erhält. In der Verschiedenartigkeit der Metalle liegt also der eigentliche Grund der Wirksamkeit. Dieselbe wird gleich stark mitgetheilt, der erschütternde Contact mag bloß mit dem Rande, oder mit der ganzen Fläche geschehen. Dagegen bemerke ich deutlich, daß die Muskularcontractionen in den ersten 2 bis 3 Secunden nach dem Contact von *c* und *a*, um vieles lebhafter, als in den folgenden 12 bis 14 Secunden waren. Nach 20 bis 28 Secunden war die Verbindung von *k* und *c* wieder völlig unwirksam. Theilt der Zink dem Golde etwas mit, das in die Atmosphäre verdunstet? Bei sehr reizbaren Thieren konnte ich diese Erscheinungen nicht beobachten, weil bei diesen in den Versuchen (mit und ohne homogene Metalle) Fig. 60 und 25. schon an sich Zuckungen entstehen, *A* und *c* mag durch Zink erschüttert werden, oder nicht. Dagegen haben sie mich zahllose male bei minder reizbaren Individuen, selbst bei Mäusen und Kaninchen, in Erstaunen gesetzt. Ich habe durch aufmerksame Zeugen alle Nebenumstände untersuchen lassen, und wir sind immer von dem Verdachte der Selbsttäuschung \*) zurückgekommen. Was kann auch in der That entscheidender seyn, als wenn man, da (Fig. 25.) *c* fünf bis sechs mal durch den Muskelleiter *k* ohne Contractionen

\*) Man hüte sich besonders in Fig. 25. das Stück Muskelfleisch *b* nicht so dünn auszuwählen, daß das darauf liegende *c* nach der Erschütterung durch Zink noch mit *b* in Contact bleibt. Wenn dann Contractionen erfolgen, so bestätigen dieselben bloß die schon längst bekannte Erfahrung, daß eine Kette bloßer Metalle stärker, als eine durch Muskelfleisch unterbrochene Kette reist.

berührt wurde, diese Contractionen sogleich lebhaft eintreten, abnehmen und verschwinden sieht, je nachdem die Berührung von *k* und *c*, gleich nachdem *c* von *a* erschüttert worden ist, oder später geschieht? — Dennoch habe ich diesen Versuch, (ich möchte ihn ein Galvanisiren der Metalle nennen, wenn der Ausdruck nicht eben so vielseitig, als der des Magnetisirens wäre,) gewiss an 20 verschiedenen Thieren vergebens angestellt. Die Zuckungen erfolgten so wenig vor dem Contacte von *a* und *c*, als nachher. Warum? Weil jene Thiere, die eine Bedingung, unter welcher der Versuch glückt, die eines bestimmten Zustandes der Reizempfänglichkeit, nicht erfüllten. Die Erschütterung des Goldes durch Zink ist nemlich nur bei einem mittlern Grade der Erregbarkeit, bei einem Grade möglich, welcher zunächst auf den folgt, in welchem selbst ganz homogene Metalle reizen. Den Beweis dieser Behauptung finde ich darin, daß mir (bei matten Organen) der Versuch Fig. 66. nie, und bei lebhaften gerade dann gelang, wenn der Stimulus in Fig. 24. eben aufhörte, wirksam zu seyn. Der thierische Stoff läuft, wie ein rollendes Rad, von der höchsten Stufe der Incitabilität zur niedrigsten herab. Auf jedem Punct des Wegs giebt er verschiedene Erscheinungen. Wollen wir ihn auf einer derselben ertappen, so müssen wir nicht zu früh, oder zu spät in die Speichen des Rades greifen!

Um die Bedingungen und Verhältnisse, unter denen die Phänomene des Galvanismus eintreten, recht vollständig zu entwickeln, müssen wir auch das

Medium betrachten, in welchem sich die Kette der Metalle und belebten Organe befindet. Sind dieselben sich gleich, in den verschiedenen Arten der tropfbaren und gasförmigen Flüssigkeiten, im luftdünnen und im luftverdickten Raume? Ich habe es für nöthig gehalten, hierüber, unter einem eignen Glasapparate, mehrere Versuche anzustellen, welche aber ihrer Natur nach nicht sehr bestimmte Resultate gewähren können. Wenn ich z. B. einen Froschschenkel lange der Kohlenfauren Luft, oder dem oxygenirten Salzdunste aussetzte, und in diesen Flüssigkeiten selbst den Metallreiz auf ihn anwandte, so fand ich die Lebhaftigkeit der Contractionen in der erstern geschwächt, in der letztern erhöht. Es wäre sehr unrichtig gewesen, hieraus zu schliessen, daß die Metalle in der einen Gasart stärker, als in der andern wirkten. Nur die Reizempfanglichkeit der Fiber wurde erhöht; denn der in kohlenfaurem Gas gelegene Schenkel zuckte gleich schwach, er mochte nachmals im oxygenirten Salzdunste, in der Lebensluft, oder unter Wasser dem Galvanischen Reizmittel unterworfen werden. Wenn man daher auch mit mir annimmt, daß der Stimulus in den Erscheinungen des Galvanismus von den belebten Organen selbst ausgeht, und daß die Metalle bloß dadurch den Grad der Reizung modificiren, daß sie dem aus den Nerven ausströmenden  $\pm$  G mehr oder weniger Widerstand leisten; so ist Einfluss auf den Metallreiz und Einfluss auf die thierischen Organe doch noch nicht synonym. Was die Erregbarkeit der letztern stimmt, muß freilich die Reizung

selbst abändern. Könnte aber das Medium, in welchem experimentirt wird, nicht bloß das Hinderniß, welches die Metalle dem Nervenfluidum setzen, vermehren, oder vermindern, ohne sich auf die irritable und sensible Fiber selbst wirksam zu äußern? Betrachtet man vollends den Nerv als Elektroskop, oder läßt die in demselben enthaltene Elektricität durch die Metalle angezogen, oder zurückgedämmt werden, oder glaubt man, daß der Stimulus sich auf Zersetzung des Wassers und Freiwerden des Sauerstoffs gründe, so ist ein noch mannichfaltigerer Einfluß jenes Mediums auf das Anziehen, Zurückstoßen und Zersetzen denkbar. Ich übergehe daher alle diejenigen Versuche, bei denen ich die thierischen Organe viele Minuten lang der zu prüfenden Flüssigkeit aussetzte, und hebe bloß die Resultate derjenigen aus, in welchen die Contractionen gleich in den ersten Secunden durch die Metalle erregt wurden. Es ist leicht, einen Haufen von Erfahrungen flüchtig aufzusammeln, schwieriger aber die Natur so zu befragen, daß man nur eine und nicht viele Antworten zugleich von ihr erzwingt.

Um die künstlichen Gasarten in ihrer ganzen Reinheit bei dem Metallreize anzuwenden, habe ich mich folgender Vorrichtung bedient. Ich brachte den Froschschenkel schon vorher in die Glasglocke, als sie noch mit Wasser gefüllt war und ehe die Luft hineinstieg. Dadurch gewann ich den Vortheil, daß durch nachmalige Oefnung des obern Stöpsels die zu prüfende Gasart nicht mit atmosphärischer Luft verunreinigt wurde. Der Cruralnerv wurde mit einem

Stanniolblättchen umwickelt, und konnte mittels eines seidenen Fadens bewegt werden. Auf dem Teller, den ich unter die Glocke schob, als sie mit der Gasart gefüllt war, hatte ich ein Tischchen mit einer Silberplatte dergestalt befestigt, daß diese letztere um 2 Zoll über dem Wasser hervorragte. Indem ich nun den Schenkel darauf hinabließ, kam Nerv, Stanniol und Silber in Berührung, und das Galvanisiren geschah mitten in der künstlichen Gasart. Auf diese Weise habe ich bisher 7 Luftarten, Sauerstoffgas, nitroße Luft, Wasserstoffgas, Stickgas (mittels Abforption durch Schwefelleber bereitet) kohlenfaures Gas, oxygenirten Kochsalzdunst und Gas hydrogène-pefant (aus *Agaricus campestris* gezogen), sorgfältig geprüft. Meine Geduld würde gewiß dabei ermüdet seyn, wenn ich nicht denselben einmal gefüllten Apparat nebenbei zu vielen andern wichtigen Versuchen (über Pulsation des Herzens, das Leben kleiner Wasserthiere u. s. f.) hätte anwenden können. Ich kann versichern, daß wenn die thierischen Organe nicht viele Minuten lang in den Gasarten blieben, sondern gleich nach Füllung der Glocken galvanisirt wurden, der Reiz in allen 7 verschiedenen Flüssigkeiten weder größer noch geringer, als in der atmosphärischen Luft war. Nur beim oxygenirten Kochsalzdunste bemerkte ich einige Zunahme der Contraktionen, beim hydrogène-pefant Schwächung derselben. Vielleicht beziehen sich aber diese Erscheinungen auch nicht auf den Metallreiz,

glaubt, daß die, den Metallen nahen Wasserschichten, eine Zersetzung erleiden, und daß der entbundene Sauerstoff die Grenze jener Atmosphäre bestimme. Meine bisherigen Versuche haben mich ganz von diesen Ideen abgeleitet. Ich habe bei den mattesten Thieren Contractionen der Muskeln bemerkt, wenn auch beide Schenkel der silbernen Pincette c unter dem Wasser zollweit von den Organen entfernt waren. Ich habe diese Contractionen nicht zunehmen sehen, wenn ich c dem Nerven nahete!

Es ist ein besonderes Glück, daß wir gewöhnlich in einem Medium experimentiren, welches zu den isolirenden Flüssigkeiten gehört. Wie weit würden wir ohne diesen Umstand noch in der Kenntniß der Bedingungen des Galvanismus zurück seyn. Gerade die feineren Versuche, z. B. der ohne Kette Fig. 9 — 13. und der mit einem Metalle, welches auf einer Fläche mit einer verdampfenden Flüssigkeit belegt ist, sind unter Wasser unmöglich anzustellen.

Bis hieher sind wir die Galvanischen Erscheinungen nach ihren innern Verhältnissen, ohne Bezug auf die Thiergattung, durchgegangen, auf welche der Stimulus applicirt ward. Da aber der eigenthümliche Charakter, welchen die bildende Natur den verschiedenen Mischungen organischer Materie eingeprägt hat, sich auch in der Art darstellt, wie dieselben von äußern Reizen afficirt werden, so wird es nicht unnütz scheinen, einen Blick auf diese Verschiedenheit zu heften. Diese Uebersicht wird mich zugleich veranlassen, einzelne Beobachtungen einzustreuen, welche vielleicht nicht ganz un-

wichtig für die vergleichende Physiologie und Anatomie sind.

Pflanzen. — Ich fange von den Pflanzen an, denen wir aus Unkunde ihres innern Baues, und weil wir sie mit den größern Thieren, die uns umgeben, und nicht mit der Classe der Mollusca und Zoophyten vergleichen, \*) die niedrigste Stufe der Organisation, den einfachsten Körperbau zuschreiben. Da ich seit mehrern Jahren mit ihrer Physiologie beschäftigt bin, so wurde ich, seitdem die Galvanischen Versuche in Deutschland zuerst durch Herrn Schmuck bekannt wurden, von vielen Seiten aufgefordert, den Metallreiz auf die vegetabilische Fiber anzuwenden. Ohne mich auf die Wahrscheinlichkeit; oder Unwahrscheinlichkeit des Gelingens, (gegen welches ich gerechte Zweifel hegte,) einzulassen, legte ich sogleich Hand ans Werk. Ich that dies um so lieber, da Iberti's und Schmuck's Beobachtungen, nach Herrn Pfaff's \*\*) Zeugnisse selbst noch immer zu flüchtig und unzureichend waren. Aber die sorgfältigsten und ermüdendsten Versuche, welche ich in drei Sommern mit den Blättern der *Mimosa pudica*, und dem *Hedyfarum gyrans*, mit den Staubfäden der *Urtica pilulifera*, *Cactus opuntia* und *Berberis vulgaris* angestellt habe, waren ohne Erfolg. Ich habe mehrere Mimosen da-

\*) Ueber den Ursprung des Begriffs: Pflanze, vergl. meine *Flora Friberg.* p. 151.

\*\*) Iberti im *Esprit des Journaux*, 1794. T. 3. p. 210. Schmuck in *Ludwig's Scriptor. neurolog. minores*; T. 3. p. 21. Pfaff a. a. O. 8. 118.



rüber aufgeopfert, bald die Oberhaut entblößt, um die Metalle wirksamer anzulegen, bald die geschlossenen Blätter durch anhaltendes Galvanisiren früher, als durch bloßes Licht, zu eröffnen gedacht, bald frisches Muskelfleisch, oder ganze Froschschenkel mit den Blättchen\*, oder Zweigen verbunden, um das Galvanische Fluidum durchzuleiten; aber nie konnte ich eine Erscheinung bemerken, welche sich nicht aus den längst bekannten Gesetzen mechanischer Reizung erklären liesse. \*)

Wenn man indeß auch (wie bis jetzt bloß wahrscheinlich ist,) nie dahin gelangen sollte, den wirklichen Einfluß des Metallreizes auf die Pflanzenfaser zu entdecken; so würde man daraus doch noch keine Schlüsse für die Verschiedenheit der thierischen und vegetabilischen Organisation ziehen können und dürfen. Die Existenz der irritablen Faser im Pflanzenreiche ist durch die Arbeiten der Herren Bruggmanns, Coulon und van Marum zuerst \*\*) erwiesen worden. Ich schmeichle mir, diese Existenz

\*) Ich bin so eben durch die Güte des jüngern Herrn von Jacquin mit frischem Saamen von *Hedysarum gyrans* beschenkt worden, mit deren Pflänzchen ich jene Versuche abermals wiederholen will. Auch mit manchen Schwämmen, deren Mischung der thierischen Materie ohnedies so nahe kommt, mit den Gattungen *Pilobolus* und *Afcobolus*, deren Physiologie Herr Persoon neuerlichst (*Observat. mycologicae*, P. I. p. 33 und 76.) durch so viele neue Beobachtungen aufgeklärt, ließen sich zur Zeit der Saamenreife einige gewagte Experimente anstellen.

\*\*) Vermuthet hatte freilich diese Lebenskraft selbst schon *Aristoteles de anima*, lib. II. 170. und *Theophrast. hist. plant. lib. I. c. 28.*

in meiner chemischen Physiologie der Pflanzen \*) nicht nur durch neuere Versuche bestätigt, sondern auch die Entstehung, Mischung, Ernährung, Erregbarkeit und Reizung der vegetabilischen Faser so dargestellt zu haben, daß ihre Analogie mit der thierischen in dem hellsten Lichte erscheint. Aber Irritabilität eines Organs ist nicht hinlänglich, um in demselben galvanische Erscheinungen zu erregen. Es gehört (wie im sechsten Abschnitt gezeigt worden,) auch das Daseyn der sensiblen Fibern dazu. Hier treten wir in einen Gesichtspunkt, aus welchem die Galvanischen Versuche an Pflanzen manchem Physiker wichtig geworden sind. Die Nervenlosigkeit der Vegetabilien und Würmer wurde als eine Hauptstütze des Satzes, daß Reizbarkeit und Empfindlichkeit zwei verschiedene Grundkräfte wären, betrachtet. Wenn man Hallers Schriften nachlieset, so findet man, daß der große Mann, der die Natur, mit welcher er so innig vertraut war, nie nach seinen Lieblingsideen ummodelte, sich dieser Beweisart nur immer mit Bescheidenheit und Schüchternheit bediente. Seine spätern

\*) Was ich in dieser Schrift *fibra muscularis* oder *irritabilis* nannte, würde ich jetzt mit Herrn Reil lieber *fibra communis* nennen. Ob mir gleich der Name nicht ganz passend scheint, so ist es doch gewiß sehr wichtig, die Reizbarkeit der eigentlichen Muskelfaser von der, welche die *cutis*, das *scrotum*, der *uterus* und andere aus Zellgewebe gebildete Theile besitzen, zu unterscheiden. Man lese darüber nach: *Reil et Gautier de irritabilitate*, p. 61 und 80, wo überhaupt vieles, was ich in der Pflanzenphysiologie nur andeutete, weiter entwickelt und richtiger ausgedrückt ist.

Nachfolger aber drückten sich entscheidender darüber aus. Ja! man suchte die reizbare Muskelfaser in den Pflanzen nur darum desto deutlicher zu erweisen, um, wie Herr Gahagan \*) daraus den Schluss zu ziehen: „*that the functions of irritability in animals are equally independent of nervous energy.*“ Auch Dr. Croone, der scharffinnige Physiologe in Gresham College, hielt Reizbarkeit und Assimilation unabhängig von der Nervenkraft, und begriff beide unter dem Namen *simple life*, die er den Pflanzen und Thieren zuschrieb. \*\*)

Was aber berechtigt uns, den Vegetabilien die Nerven apodiktisch abzuleugnen, weil wir sie bisher noch nicht entdeckt haben? Wie keck berief man sich nicht ehemals auf die Nervenlosigkeit der Würmer, und doch ist in diesen (wie ich gleich unten zeigen werde,) bis auf die kleinsten Seebewohner herab, die sensible Fiber entdeckt worden! Wie wenig Fleiß ist bisher noch auf die Anatomie der Pflanzen gewandt worden! Welche Schwierigkeit setzt die Undurchsichtigkeit der Theile den mikroskopischen Untersuchungen entgegen! Wie manche Organe hat der Anatom entdeckt, um deren Nutzen er den Physiologen vergebens befragt! Die meisten Pflanzen, welche am Boden geheftet, mit geöffneten Nahrungswegen die ihnen zufließende

\*) Vergl. die übrigens treffliche Abhandlung: *Observations on the irritability of plants in Duncan's Med. Commentar. Dec. II. Vol. 4. 1790, p. 375.*

\*\*) *The Croonian lecture on muscular motion read at the R. Soc. nov. 13<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> 1788. Ed. 2. 1790, p. 26.*

Speise einsaugen, bedürfen keiner Nerven, um ganze Bündel von Längensfasern (Muskeln) dadurch zu bewegen. Sie brauchen ihre Nahrung nicht zu erhaschen, sondern sie breiten ihre Wurzeln und Blätter aus, um ihre Oberfläche, und damit ihre Assimilation zu vermehren. Sie bilden daher gleichsam nur ein Gewebe mannichfaltiger Gefäße, welche theils noch dem durchströmenden Saft und den Gasarten geöffnet, theils verengt und ausgefüllt sind. Wenn Vegetabilien also mit Nerven ausgerüstet sind, wenn ihre reizbare Faser mit der sensiblen (wie bei den größern belebten Wesen, die uns umgeben) zu einem organischen Ganzen verbunden ist, wo ist diese letztere wohl eher zu suchen, als an den Häuten der saftführenden Gefäße. \*) Man werfe nur einen Blick auf die Kleinheit der Nervenäste, welche viele Arterien im Menschen umschlingen, und man wird die Schwierigkeit fühlen, etwas ähnliches im Pflanzenreiche zu entdecken, im Pflanzenreiche, wo wir auch in den saftreichsten Stengeln, außer den *vasis pneumato-chymiferis*, fast nie die offene Höhlung der Gefäße entdecken, wo wir den Lauf derselben meist nur durch den Kunstgriff der Färbung mit *Rubia* erforschen, und wo die besten Vergröß-

\*) Ich erstaune, daß einer unser tiefinnigsten Physiologen, Friedr. Kiemeier, nicht bloß die Reizbarkeit der Pflanzengefäße, sondern auch die der Arterien leugnet. S. von der Propulsionskraft in Kiemeier's Rede über die Verhältnisse der organischen Kräfte, 1793. S. 10. und dagegen Sömmerring's Gefäßlehre, S. 58.

fenfible Fiber in den Pflanzen vorhanden, fo liegt fie gewifs nicht fo frei, dafs fie über der Oberhaut hervorragt. Diefes und andere vegetabilifche Theile befitzen theils gar keine, theils eine fehr fchwache Leitungskraft, und die anliegende Armatur kann nur wirken, wenn fie mittels eines guten Leiters mit dem erregbaren Organe verbunden ift. Das Galvanifiren eines unverletzten Blattftiels kann alfo kaum einige Wirkung auf das Innere haben. Will man zu Einfchnitten fchreiten, fo fieht man, dafs die fchwächende Haemorrhagie allein fchon die Blätter in Schlaf verfenkt. Ja, die grofse Empfindlichkeit aller Vegetabilien für mechanifche Erfchütterungen hindert fchon den Galvanifchen Verfuch. Die Anlegung einer Armatur bringt die Blätter zum Schließen, neigt die Staubfaden zum Piftill hin. Wir können alfo nie zu richtigen Refultaten gelangen. Ich könnte noch des Umftandes erwähnen, dafs alle beobachtete Bewegungen in den Vegetabilien (die des *Folium stipulaeforme* am *Hedyfarum gyrans* abgerechnet) unwillkührlich find, und dafs der Metallreiz auch bei Thieren fchwächer in den unwillkührlichen Muskeln, als in den, der Willkühr unterworfenen wirkt; aber ich verlasse das unfichere Feld hypothetifcher Vermuthungen, und kehre zu eigenen Erfahrungen zurück.

Würmer. — Galvanifche Verfuche waren bisher nur an wenigen Würmern, und zwar nur an den gröffern, geglückt. Herr Pfaff \*) fah die Con-

tractio-

\*) A. a. O. S. 117.

tractionen der nackten Wegschnecke, *Limax* ater. Fowler glaubte ähnliche Wirkungen des Metallreizes am Regenwurm (*Lumbricus terrestris*) beobachtet zu haben. Die vergeblichen Versuche des trefflichen Ludwig \*) erregten aber den Verdacht einer mechanischen Reizung. An Blutigeln, Muscheln und Ascarisarten waren die sorgfältigsten Bemühungen vergebens. Man fing nun, wie bei den Pflanzen, an zu argumentiren, daß die Galvanischen Experimente nur da glückten, wo wirkliche Nerven vorhanden wären, und daß die meisten unvollkommeneren Würmer, aus Mangel an Nerven, so wenig als die Pflanzen, Galvanische Erscheinungen darbieten könnten.

Presciani's und Mangili's große Entdeckungen haben diesen Fehlschlüssen ein Ziel gesetzt. Presciani, Professor der Physiologie zu Pavia, entdeckte bereits vor zwei Jahren das Nervensystem der zweischaligen Conchylien. Wir haben ein großes anatomisches Werk von ihm hierüber zu erwarten, und Herr Scarpa versicherte mich mündlich, daß unsre Kenntniß von den Nerven menschlicher Theile kaum weiter gediehen sey, als jener Beobachter die Neurologie einzelner Schalthiere vollendet habe. Er mache sich jetzt an die Untersuchung der Asterien und Zoophyten, und es sey höchst wahrscheinlich, daß auch diese Bemühung nicht fruchtlos bleiben werde. Joseph Mangili, \*\*)

\*) *Script. neurol. min.* T. 4. p. 408. T. 3. p. 340.

\*\*) *De systemate nervo hirudinis, lumbrici terrestris aliorumque vermium Josephi Mangili epistola*, Ticini 1795.

ein Schüler von Scarpa, hat das Rückenmark und die Bewegungsnerven der Blutigel und Regenwürmer mit Walterfcher Genauigkeit und Wahrheit abgebildet. Die Nerven dieser Thiere haben ein wunderbares Schickfal gehabt. Schon im vorigen Jahrhundert beschrieb sie Poupert \*) bei der *Hirudo* und zählte ihre feinsten Nebenzweige. Aber die späteren, Dillenius und Morandus, leugneten ihre Existenz. Willis \*\*) bildete das Gehirn des *Lumbricus* ab, und Haller, (der Poupert's und Willis Beobachtungen wohl kennen konnte,) berief sich bei dem Streite über Unabhängigkeit der Reizbarkeit von der Sensibilität, kühn auf die Nervenlosigkeit der Blutigel, der Regenwürmer und der Schaalthiere. Hätte der große Mann Presciani's und Mangili's Entdeckungen erlebt, er würde die einförmigen Gesetze der thierischen Natur mit uns angestaunt haben, wie vom Elephanten bis zum gallertartigen Bewohner des Meeresbodens herab, die Materie in Fibern aneinander gereiht und überall die reizbare Faser von der sensiblen begleitet ist!

Ohne von diesen Fortschritten der Anatomie jenseits der Alpen zu wissen, machte Herr Abilgaard \*\*\*) im Norden ähnliche Entdeckungen.

*apud. hered. Petri Galcalii, p. 5.* Herr Reil, dem ich diese Schrift mitgetheilt, hat uns im ersten Hefte des 2ten Bandes seines Physiologischen Archivs, S. 109. bereits mit einer deutschen Uebersetzung beschenkt.

\*) *Journal des Scavans.* 1697. n. 28.

\*\*) *De anima brutorum,* 1675. tab. 4. f. 1.

\*\*\*) Meine Behauptung über die *Sepia* in der *Flora Friberg.* p. 152, ist irrig. Herr Abilgaard hat auf meine

Dieser genievoll, unermüdete Naturforscher, welcher das ganze westliche Europa bis Portugal hin durchwandert ist, hat mir hierüber folgende Beobachtungen mitgetheilt. „Er fand mit Herrn Ratje, „dass das räthselhafte fleischige Organ, welches Otto „Friedrich Müller den Pes, oder Fuß der „Schaalthiere, nennt, ein wahres Hirn enthalte. „Bei der gewöhnlichen *Ostrea edulis* und dem „*Mytilus anatinus* liegen darinn, etwas gegen „die Branchien zu, zwei weisse miteinander verbundene weiche Körper, von welchen viele Nervenfasern auslaufen. Ihre Entfernung von den „Werkzeugen der Assimilation, vom Ventrikel, den „anderen Eingeweiden und dem Siphon, oder Anus „scheint der Lage des Seelenorgans bei andern Thieren sehr analog. \*) In den Actinien, Holothuriern und Aplysien, (welche zum Geschlechte „*Bulla*, so wie die *Scillaea pelagica* zu *Doris* „gehört,) konnte Herr Abilgaard, so wenig als „*Poli* und Bohadsch, bisher etwas Nervenartiges entdecken, ohnerachtet er die letztern zu Neapel von einer so ungeheuern Grösse untersuchte,

Bitte die *Sepia* abermals anatomirt, und erkennt nun für Hirn und Nerven, was Swammerdam und Scarpa dafür ausgeben. Während meines Aufenthalts in Venedig hatte ich ebenfalls Gelegenheit, mich im verfloßenen Sommer selbst davon zu überzeugen.

- \*) Möchte man doch Gelegenheit haben, diese Theile in der ungeheuern *Chama gigas* der Indischen Meere, deren Fleisch über 30 Pfund wiegt, zu untersuchen! — Auch von Herrn Kielmeyer haben wir noch manche Aufklärung über Anatomie der Schaalthiere zu erwarten. S. dessen Rede a. a. O. S. 21.



„dafs Kleinheit der Theile der Beobachtung wohl  
„eben nichts entziehen konnte.“

Seit meiner Rückunft aus Italien ist es mir wiederholt geglückt, die von Mangili beschriebenen Nerven zu finden und den Metallreiz auf dieselben anzuwenden. Um durch die Wirkungen des mechanischen Stimulus bei Anlegung der Armaturen nicht getäuscht zu werden, stimmte ich die Erregbarkeit der Würmer, mit denen ich experimentirte, durch schwache Schläge der Kleistischen Flasche, oder dadurch herab, dafs ich sie in ein Gemisch von Alkohol und Wasser eine Zeitlang eintauchte. In diesem Zustande unterwarf ich sie erst den Galvanischen Versuchen. Wenn ich das Rückenmark der Blutigel mit Stanniol armirte, brachte der silberne Conductor wechselseitig ein Zusammenziehen und Ausdehnen der ganzen Maschine hervor. Wurde hingegen die Belegung unter die feinem, aus dem Rückenmark entspringenden Nervenäste geschoben, so bewegten sich blofs einige Bauchringe. Alle diese Erscheinungen verschwanden, wenn das Thier in concentrirtem Alkohol getödtet und seiner Reizbarkeit beraubt war. Der Lumbricus, dessen natürliche Bewegungen schon an sich rascher, als die des Blutigels sind, wurde auch vom Metallreize lebhafter, als dieser, afficirt. Reizung des Rückenmarks nahe am Schwanz, brachte anfangs nur ein partielles Anschwellen der benachbarten Muskeln hervor. In wenigen Secunden aber pflanzte sich dasselbe, ohne Anbringung eines neuen Stimulus, durch den ganzen Rücken, bis gegen das Maul, fort. Die Wir-

kungen dieser Sympathie fand ich bei dem schön gefleckten *Lumbricus variegatus* noch deutlicher, als beim *Lumbricus terrester*.

Die Gattung *Helix* gab zu merkwürdigen Versuchen Anlaß. Ich bediente mich der drei bei uns gewöhnlichen Arten: *Helix pomatia*, *Helix nemoralis*, und *Helix hispida*. Wenn ich den Kopf so abschnitt, daß ein Theil des Rückenmarks mit dem Gehirne in Verbindung blieb, so bewegten sich durch Armirung und Reizung dieses Theils beide Maxillen. \*) Bisweilen wurden, so lange der Contact der Metalle dauerte, die Fühlfäden wechselfeise ein- und ausgezogen. Diese Bewegung, welche in einem eigentlichen Ein- und Auskrepfen der Augen besteht, wurde ebenfalls hervorgebracht, wenn die abgeschnittenen Tentacula allein galvanisirt wurden. Ein starker elektrischer Schlag machte sie unreizbar. Nervenfasern habe ich mit einer 312000maligen Flächenvergrößerung vergebens darinn gesucht. Umschlingen sie etwa die feinen schwarzbraunen Gefäße, welche ich, von unten an, in beiden Wänden der Röhre heraufsteigen sah. Geschieht das Auskrepfen der Augen, die Verlängerung des Fühlfadens dadurch, daß diese

\*) *Helix pomatia* hat knorpelartige Maxillen, und in der obern 11 bis 12 lange schwarze, scharfe Zähne, welche denen des Pferdegeschlechts ähnlich sind. Eine flüchtige Untersuchung zeigte sie mir ebenfalls als phosphorsaure Kalkerde. Ich bemerke dies ausdrücklich, da eigentliche Knochen unter den Würmern so selten, als unter den Insecten sind. Von diesen zeigt indess der Hummer (*Cancer gammarus*) ein eigenes Knochengerüste im Magen.

Gefäße sich (wie bei *Erection* des *Penis*, oder dem Kopfsputze der *Phoca cristata*) mit zudringendem Saft füllen? — Bei der efsbaren Schnecke (*Helix pomatia*) wurde selbst der getrennte Speisefkanal (wahrscheinlich ein unwillkürlicher Muskel) vom Metallreize contrahirt. Der Schlund selbst ist mit einer villösen und zunächst dieser mit einer andern Drüsenhaut ausgefüllt, welche an Pracht und Regelmäßigkeit fast alles übertrifft, was ich je unter dem Mikroskop sah. Diese Membran besteht aus einem dichten Gewebe schlängelicher Gefäße, welche sich rechtwinklich kreuzen und mit dem Durchkreuzungspuncte erhabene sichtbare Papillen zeigen. Wenn die Haut recht früh abgezogen \*)

\*) Da bei dem Gebrauche eines Mikroskops, die Art, wie man das zu prüfende Object bereitet, für die Fruchtbarkeit der Untersuchung fast mehr, als die Güte des Instruments entscheidet, so darf ich arbeitssame Physiologen wohl auf folgenden kleinen Kunstgriff aufmerksam machen. Will man reizbare Theile im Augenblicke der entstehenden Contraction unter dem Mikroskope beobachten, so bestreiche man die ganze Glasplatte, auf welcher das Object liegt, mit Wasser, und leite durch dies Wasser einen Schlag der schwach geladenen Kleistfischen Flasche. Wenn die Ketten recht bequem angelegt sind, so kann dieselbe Person mit dem Auge durchs Mikroskop sehen, und mit der Rechten die Flasche entladen. Ich habe bei weniger Uebung diese Fertigkeit erlangt. — Auch galvanische Experimente stelle ich unter dem zusammengesetzten Mikroskope folgendermaßen an: Ich bediene mich, damit die Strahlen nicht zu sehr verzerrt werden und das Object hinlänglich Licht behalte, einer schwachen etwa 5600maligen Flächenvergrößerung. Den thierischen Theil lege ich auf eine polirte Zinkplatte. Damit derselbe nicht mechanisch gereizt werde, schiebe ich ein Stückchen Muskelfaser an ihn heran und galva-

wird, so bemerkt man, daß einzelne Maschen nahe an der Nadel, welche sie durchbohrt, sich reizbar verengen und erweitern. Im Sonnenscheine spielen die Papillen und schlänglichen Gefäße, wie die zusammengesetzten Augen der Fliege, mit prachtvollen, goldgelben und blauen Strahlen — eine Refraction, welche für ihre erhabene Lage zeugt. Dienen diese Papillen dazu, der Speise im Schlunde zu begegnen, und einen Theil derselben zur Assimilation einzufaugen? — Die warzenförmigen Erhebungen, welche die Weinbergschnecke auf ihrer Oberhaut zeigt, sind Drüsen, welche den Schleim excerniren, in dem das Thier gleichsam eingehüllt ist. Sie bewegen sich durch den Metallreiz, wenn die Cuticula frisch präparirt wird; ja unter dem Mikroskope zeigt sich sehr deutlich, daß jedes einzelne Wärzchen sich unabhängig von den anderen erhob. Dieser Umstand ist gewiß sehr auffallend. Ich glaubte anfangs, diese partiellen Contractionen entstünden durch die Lähmung der andern Drüsen. Aber nein! Jede wurde sichtbar gereizt, wenn der Stimulus unmittelbar auf sie gerichtet war. Wir sehen daraus, wie unabhängig in diesen, mit einer so starken Reproductionskraft begabten Thieren, bis auf die kleinsten Organe, ein Theil von dem ande-

nirte ihn so, durch Zuleitung. Um der silbernen Nadel die Richtung nach der Muskelfaser hinzugeben, lege ich einen Finger der linken Hand fest auf den Zink auf, und dicht an diesem Finger fahre ich mit der Nadel vor- und rückwärts hin, je nachdem die Contraction erfolgen, oder nicht erfolgen soll. Zu einem Gegenversuche muß eine Spitze von hartem Holze, oder Stahl angewandt werden.

ren ist. Wahrscheinlich ist jeder mit einem eigenen Nervenbündel ausgerüstet.

Die *Sepia officinalis* konnte ich mir in Genua und Venedig trotz aller meiner Bemühungen, wegen der erstickenden Sommerhitze, nur einmal so frisch schaffen, daß sie zu Galvanischen Versuchen tauglich war. Die meisten Sepien starben, ehe sie die Stadt erreichten, man mochte sie am Lielo, oder bei Palanza und Pelestrina fangen lassen. Ich armirte die safrige Haut, welche am Fusse die Saugwarzen ringförmig umschlieset. Schon Swammerdam und andere \*) haben dieselbe für einen Muskel gehalten, und deren Einfluß auf die *Acetabula* gekannt. Wirklich sah ich auch diese sich augenblicklich verengen, als die silberne Pincette ihren Rand berührte. (Mechanische Reizung brachte weder vorher, noch nachher, irgend eine Bewegung hervor.) Merkwürdig war es, daß der einmalige Contact der Metalle alle Reizbarkeit der Saugwarze zu erschöpfen schien. Denn ein zweites Galvanisiren derselben war vergeblich, und ich mußte sogleich zu einem andern Fusse übergehen. Ueberhaupt steht die Reproductionskraft der Dintenfische in einem fast umgekehrten Verhältnisse mit der Dauer ihrer Irritabilität nach dem Tode. Wenige selbst warmblütige Thiere verlieren so schnell den letzten Rest der Lebenskraft, als sie. Ja, einmalige Begattung bringt einigen Sepien, wie schon Aristo-

\*) Vergl. Schneiders Sammlung verm. Abhandlungen zur Aufklärung der Zoologie, 1784. S. 15.

teles bemerkte, (gleich der einjährigen Pflanze und dem Schmetterlinge) den Tod!

Seit einigen Wochen ist es mir gar geglückt, bei den kleinsten Gattungen der Wasserbewohner aus der Ordnung der Mollusken, Galvanische Erscheinungen hervorzubringen. In der *Naïs proboscidea* \*) habe ich deutliches Rückenmark entdeckt. Es quillt hervor, wenn man mit einem sehr scharfen Secirmesser den Kopf des Thierchens abschneidet. Im Profile unterscheidet man es leicht von dem darunter liegenden gallertartigen Zellstoffe. Bei starker Vergrößerung und ausgewachsenen Individuen kann man den weißen Nervenfaden bis an den Anus hin, verfolgen. Er sicht, bei guter Beleuchtung, gegen das darunter liegende schwarze, gefchlängelte Eingeweide (Speisefack) deutlich ab. In den zwei ersten Segmenten, welche an den rüffelförmigen Kopf grenzen, bemerkte ich zwei feine Nervenfasern, die aus dem Rückenmarke abgehen. Vielleicht hat jedes Segment ähnliche und die vorderen darum stärkere, weil die Naide im Schwimmen sich hier vorzüglich einkrümmt, und nach der Krümmung ausgestreckt fortschnellt. Wenn ich das Rückenmark des Thierchens vorpresste und gegen Zink legte, so konnte ich mit bloßen Augen deutliche Windungen des Hinterleibes bemerken, indem ich diesen mittels Silber mit dem Zinke verband. Auf bloßen mechanischen Reiz blieb alles in Ruhe, ja selbst die galva-

\*) Otto Friedrich Müller von Würmern des süßen und salzigen Wassers, S. 14. Tab. 1. Fig. 1 bis 4.

nischen Contractionen waren merklich schwächer, wenn der Zink nicht am durchschnittenen Körper, sondern nur an den Seitenborsten (Pedunculis, oder Setis) anlag. Aehnliche Versuche glückten an zwei andern Naiden, der *Naida barbata* und *Naida vermiculari*. \*) In der erstern war auch der Nervenfaden nach der ganzen Länge des borstigen zweiäugigen Thierchens sichtbar.

Das Daseyn der sensiblen Fiber in dem Körperbaue der Naiden scheint in mehr als einer Hinsicht merkwürdig. In ihrer Fortpflanzung ähneln sie der Wasserlinse (*Lemna*), unter deren Wurzeln sie sich verbergen, um ihrer Bente aufzulauren. Wie diese, befruchten sie sich durch Verbindung zwiefacher Geschlechter; aber wie diese \*\*) und die lebendig gebährenden Cactus (und Glockenpolypen) treiben sie auch durch Verlängerung ihres hintern Glieds neue Sprößlinge, die sich nach und nach von der Mutter trennen und sich einer selbstständigen Existenz erfreuen. So grenzen sie auf einer Seite an Zoophyten und Pflanzen, an diejenigen Geschöpfe, denen wir eine einfachere Organisation zuschreiben, weil wir ihre Zusammensetzung nicht kennen; auf der andern Seite kettet sie ihr Nervensystem an die kriechenden rothblütigen Amphibien an! Auch auf einen zweiten Umstand muß ich hierbei aufmerksam machen. Die Naiden übertref-

\*) Müller a. a. O. S. 80. Tab. 3. Fig. 1 bis 3. Tab. 4. Fig. 1. *Linn. Systema Naturae. Ed. Gmel. T. I. P. 6. p. 3120. n. 5 et 6.*

\*\*) Schrank Bair. Flora, B. I. S. 224.

fen an Reproductionskraft alles, was wir an Regenwürmern und Blutigeln versucht haben. Die Beobachtung, daß die Wiedererfetzung verlornen Theile leichter bei den Würmern, die man für nervenlos hielt, als bei den sogenannten vollkommenen, das heißt, mehr nach dem Sinne der Naturforscher gebaueten Thieren vor sich geht, hat die Idee in Umlauf \*) gebracht, als wenn der Einfluss der sensiblen Fiber der Reproduction nachtheilig sey. Wie sehr wird diese Meinung durch die Nerven der Gattungen: *Limax*, *Helix*, *Hirudo*, *Lumbricus*, *Mytilus*, *Sepia* und *Nais* \*\*) widerlegt!

\*) Kilmeyer's vortreffliche Rede über die Verh. der org. Kräfte, S. 35. und 15.

\*\*) Wenn man die *Nais proboscidea* und *Nais vermicularis* mit einander vergleicht, so wird es auffallend, wie verschiedenartige Thiere unser künstliches, nach äußerer Form classificirendes System unter einen Gattungscharakter zwingt. Was kann dem innern Bau nach heterogener seyn, als jene beiden Species? Die eine hat zwei große schwarze Augen, die andere gar keine bisher entdeckten, obgleich sie nach meinen Versuchen dieselbe Empfindlichkeit für's Licht aufsert. Die eine hat einen durchsichtigen, einförmigen Körper, die andere ein langes schwärzliches Eingeweide, welches fast das ganze Innere ausfüllt und sich wellenförmig bewegt. Die Bewegung dieses merkwürdigen Theils, den ich sorgfältig beobachtet, scheint mir die eines unwillkührlichen Muskels zu seyn. Es ist mir gelungen, einer Naide den Kopf abzuschneiden, und das gallertartige Fleisch am Rücken so abzulösen, daß das Eingeweide fast entblößt dargestellt war. / Gesah die Section schnell, so pulsrte dasselbe, selbst verletzt, noch einige Secunden für sich fort. So lange die Naide lebte, sah ich es nie in Ruhe, wohl aber hörte die wellenförmige Pulsation plötzlich auf, wenn ich das Thierchen in alcoholisirtem Opium tödtete. So wie hingegen bei



Von den Naiden ging ich zu der Gattung *Lernaea* über. Die traubenförmigen Eierstöcke, welche dieses rege, wunderbar gebaute Thier freistehend nachschleppt, reizten längst meine Aufmerksamkeit. Ich stellte galvanische Versuche unter dem zusammengesetzten Mikroskope (nach der, in der obigen Note beschriebenen Art) an. Mittels Zink und Gold konnte ich die mondförmig gekrümmten tentacula der *Lernaea cyprinaea* bewegen. Gegenversuche mit Zink und Eisen mißglückten, wenn das Thierchen auch noch so frisch auf die trockene Glasplatte gelegt war. Mit

Fröschen die Bewegungen des Herzens früher verschwinden, als die galvanischen Contractionen der Extremitäten, so ruht auch das Eingeweide der Nais proboscidea längst, wenn ihr Rückenmark noch galvanische Erscheinungen im Schwänze erregt. Ich bin weit davon entfernt, jenen pulsirenden Theil für ein eigentliches Herz zu halten. Ich glaube vielmehr mit Herrn Fordyce (Neue Untersuchung des Verdauungsgeschäftes, 1793. S. 24.) daß er Herz und Magen zugleich ist. Zubereitung der Säfte und Umtrieb durch die Gefäße scheinen bei diesen Geschöpfen durch ein Organ bewirkt zu werden. Gallertartige Muskeln (wie der der KrySTALLINSE am Menschen) bedürfen, um der Fäulniß zu widerstehen, einer noch schnelleren Erneuerung ihrer Bestandtheile, als die festeren, erdigern Fibern der größern Thiere. Kein Wunder daher, daß jene kleinern Wassergewürme fast unaufhörlich fressen, daß der Speisefkanal in steter Bewegung ist, um den in ihn eingemündeten Gefäßen stets neuen Stoff der Aneignung zu zu treiben! Wie bei vielen von ihnen das Organ des Gefühls und Gesichts in eins zusammenschmilzt, wie bei den Actinien und Polypen z. B. die ganze Oberhaut specifische Reizbarkeit für das Licht hat, so ziehen sich auch vom Elephanten bis zur Steinflechte herab, die Eingeweide einfacher zusammen, und was in jener unge-

den Eierstöcken waren alle Versuche vergebens. Auch scheint das Thier sie im lebendigen Zustande nicht bewegen zu können. Sie sind mit einer fast hornartigen Haut umgeben, deren Schärfe den Fischen wahrscheinlich so schmerzhaft Wunden in den Branchien verursacht. Sonderbar genug, wie wir in der langen Reihe thierischer Formen bald diesen, bald jenen Theil gleichsam hervortreten sehen, um als Waffe oder Organ des Getaustes zu dienen! Wie tief hat die Natur bei allen andern Geschöpfen dieselben Eierstöcke in das Innere des Körpers eingefenkt, welche die *Lernaea* frei als Schwimmfüße, oder Widerhaken mit sich führt! — Wenn man Schläge der Kleistischen Flasche mitten durch das Thier, vom Maule bis zu der Seta, zwischen den

heuern Masse organischer Stoffe in mehrern Behältern bereitet wird, bringt hier die Energie einiger wenigen hervor. Man wird nie zu deutlichen Begriffen über Nutrition der Pflanzen gelangen, bevor man nicht tiefere Blicke in die Physiologie der Mollusken gethan hat! — Was ich oben von Uebereinstimmung in den äußern Formen organischer Geschöpfe, bei völliger Verschiedenheit der innern Structur, erwähnte, ist bei den Pflanzen fast noch auffallender, als bei den Thieren. Ich habe in dieser Hinsicht ähnliche Vegetabilien mikroskopisch untersucht. Was scheint sich näher verwandt, als der Wersingkohl dem Braunkohl, die *Brassica Sabauda* der *Brassica Selenisia* Spielm. und betrachten wir die Ausdünstungsgefäße der Oberhaut, so finden wir dieselben bei diesen einzeln, sich nie berührend, klein, sehr gedehnt und mit höchstens 2 bis 3 zuführenden Gefäßen versehen, bei jenen hingegen gepaart aneinanderstoßend, doppelt so groß, rundlich und in 4 bis 5 zuführende Gefäße (*vasa lymphatica* Hedwigii) eingemündet! Wie unendlich verschieden sind die Ausdünstungsgefäße der Cactusarten!

Ovarien durchgehen läßt, so sind alle galvanischen Versuche unwirksam. Wahrscheinlich läuft in dieser Richtung ein Nervenstamm, dessen Erschütterung jene Lähmung verursacht. Lasse ich dagegen den Schlag, wie ich (mit mehrern Freunden) unter der einfachen Lupe oftmals beobachtet, vom Maule durch den einen Eierstock gehen, so geben nicht die Tentacula, wohl aber die Seta am Schwanze (welche die Elektricität nicht getroffen,) galvanische Contractionen. Dieser Versuch, der mit einiger Feinheit angestellt werden muß, indem man den Schlag durch Nadeln ein- und ausleitet, ist in der That sehr auffallend. Er lehrt aufs neue die Unabhängigkeit, den Mangel an Consens in zwei benachbarten Organen dieser Wasserbewohner. Ich habe, wenn die Kleistische Flasche stark geladen war, den einen Eierstock sich ablösen sehen, und die Seta caudalis verlohrt nicht ihre Reizbarkeit! — Noch drängen die Lernaeen dem Physiologen zwei Betrachtungen auf, deren ich hier nur beiläufig erwähne. Wenige Wasserthiere schwimmen mit der Schnelligkeit und Gewandheit, als die Lernaeen, und dennoch machen die steifen unbeweglichen Eierstöcke fast zwei Drittheil ihrer ganzen Masse aus. Geben sie sich den Stofs durch einen eigenen Mechanismus der Bauchmuskeln? Denn die Tentacula und Setae scheinen blofs zur Lenkung des Körpers zu dienen. Die andere Frage betrifft das Geschlecht dieser Thierchen, Jedes Individuum dieser Gattung hat deutliche Eierstöcke, jedes ist des Gebährens fähig. Hat bei so ausgebildeten weiblichen Theilen (die Ovaria der

*Lernaea cyclopterina* nach Müller lassen sich 5 Zoll lang ausdehnen) jedes Individuum eben so bestimmte männliche Geschlechtstheile? Wie geschieht die Begattung dieser Hermaphroditen? — Der Verlust eines Eierstocks durch einen elektrischen Schlag, welcher den Leib selbst nicht trifft, scheint der Munterkeit der *Lernaea cyprinacea* nicht zu schaden. Doch sehe ich seit 5 Wochen auch keine Spur einer Wiedererzeugung.

Selbst bei denjenigen Thieren, welche in dem Innern anderer organischen Körper, dem Sonnenlichte (wie die unterirdischen Vegetabilien) entzogen leben, bei den Gattungen *Ascaris* und *Taenia* habe ich durch den Metallreiz die Existenz der sensiblen Fiber erwiesen. Bei der *Taenia infundibuliformis* einer Ente und der ihr nahe verwandten, von Pallas \*) beschriebenen, kurzgegliederten *Taenia passeris*, aus den Eingeweiden des Hänflings, sah ich die Haken am Maule sich ein- und auskrempen, wenn der Leib mit Gold und Zink armirt war. Der Versuch geschah zu einer Zeit, wo mechanische Reizung gar keine Bewegung mehr hervorbrachte. Aehnliche Erscheinungen beobachtete ich, obgleich undeutlicher, an der *Ascaris trachealis* und *Ascaris infons*, welche im heißen Sommer in den Lungen der Kröten und Frösche leicht zu finden sind. Bei der erstern sah ich mittels der Lupe den Rücken, und einmal selbst die dreifaltige Maulklappe erschüttert werden. Auffallend war es mir, daß die *Ascaris infons* schnell im Wasser

\*) Nord. Beiträge, Th. I p. 87. n. 10.

oder Blute stirbt, während das die gemeinere *Ascaris ranæ* lange in beiden ausdauert. Sollte vielleicht (denn meine Versuche sind freilich nicht zahlreich genug, um apodiktisch zu entscheiden) die Verschiedenheit der Luftart in Lunge und Eingeweide daran schuld seyn? Das erstere Organ ist mit einem stets sich erneuernden Gemische von Stickgas und Lebensluft, das letztere mit irrespirablem, kohlenfaurem und brennbarem Gas gefüllt. Eben diese Fülle der Lebensluft also, deren Contact Lungengeschwüre so überaus unheilbar und entzündlich macht, scheint der *Ascaris* insons eine unentbehrliche Speise zu seyn, während das *Ascaris ranæ* eines unendlich geringern Antheils von Sauerstoff zu ihrer Respiration \*) bedarf. Durch oxygenirte Kochsalzsäure werden die Bewegungen der *Ascaris*arten auf einige Augenblicke lebhafter gemacht. Es entsteht aber bald ein Tod der Ueberreizung, wie ich besonders auffallend an dem, schon von Gleichen gezeichneten Hautbewohner des Regen-

\*) Respiration — nicht, als wenn ich glaubte, das die Eingeweidewürmer durch das Maul ein- und ausathmeten. Die Aufnahme von Gasarten in das Innere eines organischen Körpers geschieht bei größern Thieren durch eine große Oefnung und zahllose kleinere, die auf der Oberhaut vertheilt sind, und ähnliche Functionen, als die Lungen haben. Bei den Würmern verschwindet nach und nach zwar nicht die große Oefnung (Maul), wohl aber ihre Bestimmung als Inspirationsorgan. Das Athmen geschieht in diesen, wie bei den Pflanzen, durch die Oberhaut, durch welche viele im eigentlichen Verstande zugleich fühlen, sehen, respiriren und fressen.

Regenwurms, dem mikroskopischen *Ascaris lumbrici* sehe, den ein Tröpfchen jener Säure tödtet.

Insecten. — Herr Blumenbach, dem die Thieranatomie so viel verdankt, galvanisirte die Weidenraupe \*) und Herr Dr. Autenrieth den Scorpion, ohne Zuckungen zu erregen. Dagegen glückten Herrn Pfaff\*\*) Versuche an Laubkäfern, Grashüpfern und Fluschkrebsen. Er begnügte sich indess, innere Theile, die er für Muskeln hielt, zu armiren, ohne sich mit Aufführung der Nerven zu beschäftigen.

Je weniger in diesem wichtigen Theile der vergleichenden Neurologie geleistet war, desto eifriger bemühte ich mich seit drei Jahren, die sensible Faser in den Insecten zu verfolgen. Da der galvanische Reiz nach den sorgfältigsten Erfahrungen, die ich selbst gesammelt, nur auf den Nerven wirkt, so durfte ich um so gewisser seyn, mittels der Metalle und deutlicher Vergrößerungen Gefäße und Nerven von einander zu unterscheiden. Was Swammerdam als sensible Faser abbildet, und worauf der große Haller\*\*\*) sich in der Physiologie des menschlichen

\*) *Phalaena cossus*. Den Anatomen geht es mit dieser Raupe wie den Hydraulikern mit der Kornmühle zu la Fère in der Picardie. So wie diese noch jetzt alle Mahlmühlen nach dieser berechnen, so nehmen jene den Bau der Weidenraupe, seit Lyonnet's Zeiten, für den Typus, nach welchem die Natur alle Insecten gemodelt hat. Wer Insecten und Würmer selbst zergliedert, fühlt, wie wenig sich über den gemeinsamen innern Bau dieser Thierclassen sagen läßt.

\*\*) a. a. O. S. 115. und Gren's Journ. B. 8. S. 396.

\*\*\*) Nach einer Stelle in den *Primis lineis Physiologiae*, S. 402. scheint es gar, als habe Haller vielen Insecten, wie den Polypen, alle Nerven abgesprochen.

Körpers beruft (B. 4. S. 289.) sind grossentheils noch sehr problematische Theile. Bei weiss- und gelbblütigen Thieren entscheidet die Farbe gar nicht, und wenn man bedenkt, dass Lyonnet's unsterbliches Werk noch keine Ader einer Raupe darstellt, (deren künftige Entdeckung uns doch so manche Analogie thierischer Nutrition hoffen lässt,) so wird man unendlich misstrauisch gegen die Behauptungen von dem physiologischen Nutzen jener Organe.

Mehrere Umstände lassen unmittelbar schliessen, dass der, von den Insectensammlern so grausam bewunderten Reizbarkeit \*) eine eben so grosse Exsersion der Nervenkraft respondire. Ich berufe mich nur auf zwei bekannte Reizmittel, Alkohol und Electricität, von denen es (durch Fontana) erwiesen ist, dass sie recht eigentlich nur auf die sensible Fiber wirken. Die trefflichen Versuche dieses grossen Florentiners über die Opiate lehren, dass fast nichts eine so schleunige Atonie, als reiner Alkohol, hervorbringt. So richtig auch diese Thatfache an sich ist, so werde ich doch unten zeigen, dass jene Atonie nur Folge der Ueberreizung ist, und dass Alkohol (so wie Opium und Arsenikkalk) ursprünglich excitirend und sthenisch wirke. Je erregbarer indess

\*) Viele Cerambyxarten bleiben aufgespießt vier Wochen lang am Leben. Die Gattung Ichneumon, welche den Cadaver anderer Insekten zu ihrer Wohnung macht, giebt ihnen an Ausdauer der Irritabilität nichts nach. Herr Schrank sah den seltenen *Ichneumon punctator* (Müller *Zoolog. Dan. n. 1831.*) ohne Kopf, nach vier Tagen, sich unbändig mit dem Hinterleibe bewegen, wenn man ihn mechanisch reizte. *Samml. Naturhist. Aufsätze*, 1796. S. 126.

die Nervenfafer ist, desto weniger kann jene sthenische Kraft beobachtet werden. Die kleinste Dosis der erregenden Potenz bringt schon Ueberreizung hervor, und das empfindliche Organ geht unaufhaltsam, in einem Moment, von der erhöhten Lebenskraft zur indirecten Schwäche über. Freilich können sich die Wirkungen des Alkohols auf die hartschaligen Insecten nicht so schnell äußern, als auf die nackten Würmer, von denen er einige (gleich einem elektrischen Schlage) tödtet. Doch entsteht die Atonie, bei den Coleopteris, immer in 15 bis 20 Minuten. Ja! ich habe den *Cerambyx cerdo* und *Cerambyx aedilis* in einer Flasche, welche ein Paar Tropfen über Kümmel destillirten Weingeistes enthielt, innerhalb einer halben Stunde erstarren gesehen. Die Flügeldecken waren leise benetzt, und ich bin überzeugt, daß die Atonie mehr den verflüchtigten, riechbaren Theilen, welche das Gefäß enthielt, als der Flüssigkeit selbst zuzuschreiben war. Beide Insecten wurden so unbeweglich, daß man sie kneifen, zerren, ja heftig elektrificiren konnte, ohne daß sie auch nur eine schwache Zuckung zeigten. Ich hielt sie für völlig todt, als ich sie zu meinem Erstaunen, in die Sonne gelegt, nach 2 Stunden sich nach und nach wieder beleben sah. Der Alkohol schien nun verdunstet, und mit ihm die Atonie des Nervensystems gehoben zu seyn. Die Thiere kehrten, wie aus einem Schlafe, berauscht ins Leben zurück, und nach  $2\frac{1}{2}$  Stunde sah ich beide unter der Glasglocke umherkriechen. Mit gemeinen Stubenfliegen glückte mir der Versuch.



in derselben Flüssigkeit. Wenn man sie in einen Tropfen desselben dergestalt eingetaucht hat, daß der Kopf sammt den beiden Augenhemisphären frei in der Luft stehen, und nur Bauch und Füße benetzt werden, so gerathen sie in 2 bis 3 Minuten in einen völligen Scheintod. An keinem Fusse ist eine Zuckung zu bemerken. Bei einigen Individuen, wo die Ueberreizung zu heftig war, verwandelte sich dieser Scheintod in einen wirklichen Tod, andere sieht man nach 12 bis 15 Minuten nach und nach erwachen. Wie man dies Erwachen durch Eintauchen in schwache oxygenirte Kochsalzsäure beschleunigen und vergewissern kann, wie die Rückkehr der Irritabilität an der hintern Extremität allemal zuerst erfolgt, das alles übergehe ich hier. Es ist genug, gezeigt zu haben, wie die mächtige Wirkung des Alkohols auf die Insecten das Daseyn und die Energie der sensiblen Fiber in denselben erweist. Auch für ein anderes Nerven-Irritament, die Elektrizität, zeigt sich diese Thierclasse ungemein empfindlich. Von schwachen elektrischen Schlägen sah ich die vierjährige gefrässige Larve des Maikäfers (Engerling) plötzlich sterben. Ja, der Einfluß der Luftelektrizität auf die Fluszkrebse unter dem Wasser, die Gefahr, in welche sie die Annäherung eines Donnerwetters setzt, ist dem gemeinen Volke längst bekannt!

Bei keinem Insecte ist es mir geglückt, die Nerven so genau zu verfolgen, als bei dem *Cerambyx cerdo*. Wir erstaunen über die Dicke der sensiblen Fiber im Frosche; die des Holzbocks aber ist noch

weit auffallender, wenn man den übrigen Körperbau beider Thiere vergleicht. Das von Sömmerring \*) entdeckte Gesetz über das Verhältniß der Gehirn- und Nervenmasse findet daher auch in dem Baue der Insecten seine Bestätigung. Die größern Nerven des *Cerambyx cerdo*, welche nach den hintern Extremitäten gehen, nicht also das Rückenmark selbst, welches eine bloße Verlängerung des Gehirns ist, übertrifft die Breite des stärksten Pferdehaars. Optische Vergrößerungen zeigen ein streifiges Zellgewebe auf ihrer Oberfläche, nichts aber von dem spiralförmigen Ansehen, welches die Nerven der größern Thiere charakterisirt. Dagegen sah ich eine schneeweiße Marksubstanz aus dem Durchschnitte hervorquellen. Sie schien wie aus einer Scheide ausgepreßt, war aber (wie die Analogie mit dem menschlichen Baue vermuthen läßt,) wohl nur aus mehreren anastomosirenden Nervenröhren zusammengefloßen. Die Farbe des Markes stach sehr deutlich gegen das graulichgelbe gallertartige Muskelfleisch ab. In diesen sind unter meinem Mikroskop noch keine Fasern

\*) *De basi encephali*, Gött. 1778. p. 17. Ueber die körperliche Verschiedenheit des Negers vom Europ. S. 59. Je größer die intellectuellen Anlagen eines Geschöpfes, desto dünner sind seine Nerven in Vergleich mit der Masse seines Hirns. — Wenn man demnach die Medullarsubstanz des Hirns und der Nerven als ein Ganzes betrachtet, so ist das Quantum desselben unter den Thieren nach Verhältniß des Körperbaues ziemlich gleich ausgetheilt. Der Unterschied liegt hauptsächlich darinn, daß bei einigen von der Medullarsubstanz mehr zur Bildung des Seelenorgans, bei andern mehr zur Bildung der Sinnes- und Bewegungsnerven verwandt ist.

zu entdecken, doch vermuthete ich, daß Behandlung mit Salpetersäure (nach Reil's Vorschrift) die fibröse Textur mir künftig so gut, als in der Kryalllinse darstellbar wird. Die Zergliederung eines andern Insects, des Fluschkrebss, zeigt ja schon ohne Salpetersäure den Uebergang gallertartiger Muskeln in deutliche Faserbündel. Das Gehirn des *Cerambyx* ist allerdings mehr, als der einfache Nervenknotten, welchen viele Physiologen (um weitläufigerer Untersuchungen überhoben zu seyn,) den Insecten beilegen. Es ist ein ausgebildetes Organ, \*) welches deutlich in zwei durch eine Furche getrennte Hälften getheilt ist. Horizontal durchschnitten zeigt es unter der Lupe verschiedene milchweiße und graulichgelbe \*\*) Lagen. Die Farbe der letztern ähnelt fast der Mittelsubstanz des großen Hirns beim Menschen, nur ist sie mit mehr Grau gemischt. Fortgesetzte Horizontalschnitte lassen den grauen Theil verschwinden und den weißen, oder das Mark hervortreten. Dieser Umstand beweiset deutlich, daß dieses Insectenhirn ebenfalls in Windungen und Furchen gemodelt ist, welche die graue Substanz von außen

\*) Haller behauptet, daß man an keinem Thiere Augen ohne Gehirn und Gehirn ohne Augen wahrgenommen habe. Physiologie, B. 4. S. 2. Ich muß dem großen Manne seit meiner Zergliederung der Naiden widersprechen. Die *Nais proboscidea* zeigt keinen deutlichen Nervenknotten im Kopfe, als die *Nais vermicularis*, und diese ist blind, während daß jene zwei schöne schwarze Augen besitzt.

\*\*) Swammerdam beobachtete die graue Substanz ebenfalls bei der Biene. *Biblia naturae*, S. 429. Tab. 20. Fig. 4 — 6.

überzieht, und welche im Innern mehr in ein Ganzes zusammenschmelzen.

Uebersaus merkwürdig ist noch, dafs aufser den optischen Nerven, die Bewegungsnerven der zwei Vorderfüsse ebenfalls unmittelbar aus dem Hirne entspringen. Die Lage dieser Extremitäten scheint jenen Ursprung, von dem sich bei den grössern Thieren wohl nichts analoges findet, nothwendig gemacht zu haben. Von jeder Hirnhälfte laufen nemlich zu beiden Seiten 6 bis 7 anastomosirende starke Nervenfasern bis zu der Kugel herab, in welche das obere Gelenk des Vorderfusses eingelassen ist. Oefnet man dieselbe dergestalt, dafs blofs die hornartige Schaafe abgeschabt wird, so sieht man jene Nerven sich hier zu einer förmlichen Schlinge (Ansa) vereinigen, welche ihrer Form wegen leicht mit einem Nervenknotten (Ganglion) verwechselt werden kann. Unterhalb der Schlinge sind die sensiblen Fasern sparsamer. Im obern Gliede des Vorderfusses zähle ich kaum drei, welche von ungleicher Dicke unverästelt bis an das nächste Gelenk nebeneinander herablaufen. Mit der Lupe kann ich einzelne Fasern bis in die äussersten hakenförmigen Spitzen der Extremität verfolgen. Der Durchmesser und die Menge dieser Nervenfasern ist in Vergleich des wenigen gallertartigen Muskelfleisches, welches die enggepanzerten Glieder ausfüllt, sehr gros, — ein Umstand, welcher die Unabhängigkeit der einzelnen Organe vom Gehirn, und die ungeheure Anstrengung der Muskelkraft im Laufe der Insecten einigermaßen erläutert. Auch auf den deutlichen faserigen Ursprung

der Sinnes- und Bewegungsnerven aus dem *Sensorium*, und auf die Dicke, welche sie bei ihrem Austritte zeigen, muß ich aufmerksam machen.

Die Nerven des *Cerambyx cerdo*, der *Blatta orientalis*, des *Lucanus cervus* und anderer hartschaliger Insecten, die ich zergliedert, haben auch das ähnliche mit denen der größern Thiere, daß sie lange der Fäulniß widerstehen. Es ist ein gutes Mittel sie abgefondert von der Pulpa des Muskelfleisches darzustellen, wenn man die Extremitäten von der Hornschaale entblößt und sie der Fäulniß überläßt. Auch die Schnellkraft der sensiblen Fäden des *Lucanus cervus* habe ich sehr beträchtlich gefunden. Deutet dieselbe nicht unmittelbar auf eine eigenthümliche häutige Umkleidung hin? Wenn man bloß den obern Theil eines Insectenhirns mit Metallen \*) armirt, so werden dadurch so wenig, als in warmblütigen Thieren, oder in Amphibien Zuckungen erregt. Warum? Weil jedes Organ nach seiner specifischen Anlage nur seine eigenthümliche Energie äußern kann, und das *Sensorium* so wenig zu Bewegungen, als zum Verdauen bestimmt ist. Ob durch solche Reizung in dem Seelenorgane Vorstellungen erregt, ob der Zusammenhang derselben unterbrochen wird, liegt außer den Grenzen objectiver Wahrnehmung und bleibt so unausdenkbar als der Zusammenhang zwischen

\*) Ich setze voraus, daß beide Metalle am Gehirne selbst angelegt sind. Berührt das eine eine Extremität, so kann allerdings bei hoher Erregbarkeit der Theile, das Hirn durch Zuleitung (nach Fig. 47.) auf einen Bewegungsnerven wirken!

**Bewegung und Perception überhaupt.** — Entblößt man bei einem Insecte durch einen Horizontalschnitt die Bewegungsnerven bei ihrem Ursprunge aus dem Hirne, und armirt diese, so entstehen, wenn die Metalle auch bloß die Nervenfafer (Fig. 8. r) treffen, lebhaftes Contractionen in den Extremitäten. In dem *Cerambyx* habe ich dieselbe wohl 20 Minuten lang fortgesetzt, und durch künstliche Stimmung des Nerven mit Alkalien und oxygenirter Kochsalzsaure wird ihre Dauer wohl dreifach verlängert. Der vortheilhafteste Punct zur Armirung ist indess nicht der Ursprung jener vordern Schenkelnerven aus dem Hirne, sondern die erste Schlinge, welche sie in der Kugel bilden. Wenn man diese Kugel aus der Pfanne, in die sie so fest und doch so leicht beweglich eingelassen ist, auslöst, so kann man den Schenkel eines Insects gerade wie einen Froschschenkel behandeln. Der Hauchversuch ist bei beiden gleich gut geglückt, die sensible Fiber scheint in der ganzen Natur einerlei Gesetzen zu folgen. Ich habe Insectennerven mit Haaren zu unterbinden gesucht; nur dies allein ist mir bis jetzt nicht gelungen, weil das Band die Fiber zerschnitt und ihren Organismus zerstörte. Sind aber jene gelblich \*) weissen Fäden auch wirkliche Nervenbündel, nicht etwa Gefäße, in welchen die Aneignung der Theile bewirkt wird? —

\*) Die Nerven der Insecten sind gelblicher, als die der warmblütigen Thiere, der Amphibien und Würmer. Doch selbst unter den Amphibien sind Unterschiede der Farbe. Der Cruralnerv der *Lacerta agilis* hat nicht die Weiße des Cruralnerven am Wasserfrosche. Auch menschliche Nerven fallen etwas ins Gelbe.

Ich präparirte ein Stück der fleischigen, gallertartigen Pulpa, in dem ich durch die Lupe keinen jener Fäden entdeckte, riemförmig aus einem Schenkel heraus. Er wurde mit Zink armirt und mittels Silber galvanisirt, es blieb alles in Ruhe. Kaum berührte aber einer der weissen Fäden den Zink, so waren alle Erscheinungen des Galvanismus hervorgerufen. Mehr Beweises bedarf es wohl nicht, das Daseyn jener Nerven zu bestätigen. Die Grösse der Bündel, zu denen die einzelnen Nervenfasern in den Insecten zusammengelagert sind, muss uns, in Vergleich mit der Kleinheit ihrer Gefässe, nicht wundern, da wir bereits in den Amphibien dasselbe Verhältniss beobachten. Wenn wir vom Menschen zu den sogenannten unvollkommneren (d. h. nicht nach unserm Typus gebauten) Thieren herabsteigen, so sehen wir die Nerven der willkürlichen Bewegungsorgane an Grösse zunehmen, so wie die zur Circulation und Nutrition bestimmten Gefässe abnehmen. Diese, nicht jene, bleiben der Masse, zu der sie gehören, \*) proportional, und kein Wunder daher, dass bei so vielen kleinen Insecten und Wassergewürmern sie sich bisher ganz der Untersuchung entzogen haben. Wir sehen in ihnen den allgemei-

\*) Aus den verschiedenartigen Zwecken, zu denen ein Bewegungsnerv und ein Gefäss bestimmt ist, lässt sich schon erkennen, warum die Masse des Thiers nur die Grösse und Zahl der Gefässe modificiren kann. Von der Lebensart eines Thiers, von der Art seiner Nahrung, z. B. (nicht von seiner Masse) hängt das Maass seiner willkürlichen Bewegungen und die Aeusserrungen seiner Nervenkraft ab.

nen (bei vielen Gattungen) pulfirenden Speisefack, nicht aber die engeren Kanäle, welche den Nahrungsfaft bereiten und verföhren!

Unter den Hemipteris ift die mit fo großer Schnelligkeit laufende *Blatta orientalis* zu Galvanifchen Verfuchen befonders gefchickt. Eben diefe Schnelligkeit, das Refultat einer ungeheuren Muskel- und Nervenkraft, machte, daß diefe Thierart faft jeder Nachftellung entgeht, und jetzt in Europa ausgebreiteter, als in ihrem Mutterlande, Afien, ift. In dem obern Gliede der Hinterfchenkel läuft ein vom Rückenmarke entpringender, erft gegabelter und nach einem Plexus wieder vereinigter, überaus ftarker Nerv herab. Mit Gold und Zink armirt gab der ganze Fuß die auffallendften Erfcheinungen. Ein Contact der Metalle erregte 2 bis 3 consecutive Erfchütterungen. Der Schenkel ftieg in die Höhe und erhielt fich zitternd einige Secunden lang in der Luft. Wie übereinflimmend zeigt fich hierin nicht der thierifche Stoff, er mag in der Hornfchale des Insects, oder in der zarten Oberhaut des Menschen eingefchloffen feyn. „Dies Zittern ift eine „Erfcheinung, die fchlechterdings bei keinem andern \*) (thierifchen) Theile, außer der lebendigen „Muskelfafer bemerkt wird.“ Als ich das Rückenmark der *Blatta orientalis* durch Silber und

\*) Sömmering's Muskellehre, §. 34. Das *Hedysarum gyrans*, von dem ich zwei Pflanzen noch heute im Sonnenlicht beobachtet, zeigt bei erhöhter Reizbarkeit eben diefs Zittern, wie auch fchon Herr Hufeland fcharffinnig bemerkt hat. Vergl. meine Aphorismen in der *Flora Fribergensis*, p. 150. §. 6.



wohl ausgebrannte Kohle galvanisirte, sah ich das ganze Hintertheil sich hin und her bewegen, und sich mit den Füßen anstemmen.

Unter den Hymenopteris war mir die gemeine Honigbiene (*Apis mellifica*), wegen des Verhältnisses ihres Hirns zu den Nerven sehr auffallend. Ersteres ist für die Grösse des Thiers sehr beträchtlich, fast zweiläppig und deutlich aus grauer Substanz und weissem Marke zusammengesetzt. Wie schön zeigen sich die Ursprünge der optischen Nerven aus diesem Hirne, und wie klein sind dagegen die Bewegungen im fleischigen Schenkel dieses Thierchens! Wie schwer sind letztere zu finden! Vergleicht man die Vertheilung der Muskelsubstanz in den dicknervigen Käfern mit der in der grofshirnigen Biene: so wird man auf einen Augenblick geneigt, über die sinnliche objective Wahrnehmung hinauszugehen, \*) und in jener Vertheilung unsern Glauben an die höhern intellectuellen Kräfte der Bienengattung gerechtfertigt zu sehen! Das Galvanische Reizmittel schien mir nur schwach auf ihre Bewegungsorgane zu wirken. Desto besser glückten meine Versuche mit den Schenkeln der grofsen *Vespa crabro*. Selbst wenn der Kopf des

\*) Die Urtheile über Verstand und Stupidität der Thiere entspringen grösstentheils aus einem Mißbrauch unserer eigenen Urtheilskraft. — Ungern lese ich in einer mit philosophischem Geiste geschriebenen Abhandlung gar die Worte: wozu Nerven in Thieren, die entweder gar keine, oder doch sehr unvollkommene Vorstellungen haben? Archiv für die Physiologie, B. 1. H. 3, S. 115.

Thiers schon 14 Stunden lang abgeschnitten war, sah ich auf dem Metallreize noch die Extremitäten zittern. Doch gestehe ich, daß es mir bisher noch nicht gelungen ist, die Schenkelnerven der Hornisse einzeln darzustellen, obgleich der Umstand, daß nur bei Armirung gewisser Theile der Pulpa Bewegungen erfolgten, mich auf ihre Lage hinwies.

Die hornartigen Schalen der Coleoptera wirken beim Galvanismus eben so isolirend, als Glas und Siegellack. Um Versuche mit diesen Insectengattungen anzustellen, mußte ich daher entweder den Nerv mit zwei Metallen armiren, oder das gallertartige Muskelfleisch entblößen. Um so merkwürdiger ist die Sensibilität, welche manche Krebsarten in den Gelenken der Füße und Scheeren zeigen. Ich hatte zu Venedig am Lido mehrere Krabben, (theils *Cancer pagurus*, theils *Cancer maenas*) gesammelt. Sie starben im süßen Wasser, und waren schon so unreizbar, daß kein mechanischer Stimulus ihnen eine Bewegung ablockte. Ich drückte zwei schmale Stangen Zink und Silber in die unverletzten Gelenke der rechten Scheere und des linken Hinterfußes. Alles blieb in Ruhe. Kaum aber geriethen beide Metalle in Contact, so erfolgten lebhafte Zukungen jener Theile. Das gepanzerte Thier muß also in den Gelenken selbst sehr freiliegende Nerven haben. Eben diese Gelenke zeigen eine andere wunderbare Erscheinung, von der ich nichts analoges in der ganzen Thierschöpfung finde. Ist das erste Glied eines Krebsfußes abgelöst, und wird die Wunde mechanisch gereizt, so hat es das Insect

in seiner Willkühr, das zweite Glied fahren zu lassen, oder mit anscheinender Ruhe wegzufchnellen. Welche Art der Muskelbewegung, welche Einrichtung ist denkbar, um die Continuität organisch verbundener Theile mit der Leichtigkeit zu trennen. Auch das Loslassen der Scheeren, besonders beim süd-amerikanischen Waldkrebse (*Cancer ruricola*), \*) gehört hieher.

Wenn ich dem *Cancer pagurus* Zink in das Maul steckte und den silbernen Conductor an die gestengelten Augen anlegte, so konnte ich willkürlich bald das rechte, bald das linke Auge erschüttern. Diese Versuche müssen sehr vorsichtig angestellt werden, weil die Krebse oft todt scheinen, und sich auf bloßen mechanischen Reiz plötzlich wieder zu bewegen, ja heftig zu vertheidigen anfangen. Der *Cancer Bernhardus* wurde in süßem Wasser getödtet. Ich zerbrach die Schale des *Buccinum echinophorum*, in welchem der nackte Schwanz verborgen liegt, und armirte denselben mit 2 Metallen. Nicht nur das Hintertheil, sondern auch die große rechte Scheere bewegte sich durch eine sonderbare Nerven Sympathie.

Fische. — Werden prachtvollen Nervenbau der Fische aus *Monro's* Beschreibungen, oder besser, aus eignen Zergliederungen kennt, der wird diese Thierclasse schon a priori für sehr geschickt zu galvanischen Versuchen finden. Ich erinnere mich, den Metallreiz auf die *Muraena Anguilla*,

\*) Herbst Versuch über die Naturgeschichte der Krabben, T. 2. S. 119. n. 57.

den sonderbar gebildeten *Ammodytes Tobianus*, die *Perca Lucio-perca*, *Perca cernua*, den *Cobitis fossilis*, den *Cyprinus Tinca* und *Cyprinus Carpio* angewandt zu haben. Das Rückenmark und die Nervenäste, welche in die Flossen, oder Unterkiefer gehen, sind am leichtesten zu armiren. Ich muß gestehen, daß ich die Contractionen zwar von kürzerer Dauer, aber bei weitem heftiger und lebhafter, \*) als bei den Amphibien finde. In Thieren, bei denen die Marksubstanz hauptsächlich nur auf Hirn- und Rückenmark contentirt ist, ohne sich auf absteigende Extremitäten (eigene Getaft- und Bewegungsorgane) zu verbreiten, in solchen Thieren sind die wenigen Muskelbewegungen, zu denen sie fähig sind, ungemein kraftvoll und stark. \*\*) Ich habe Fische, denen der Kopf bereits vor einer halben Stunde abgelöst war, wenn sie galvanisirt wurden, mit dem Schwanze dergestalt schlagen sehen, daß der ganze Körper sechs Zoll hoch über dem Tisch in die Luft flog. Wenn ich ihre Reizempfindlichkeit durch alkalische Auflösungen oder durch

\*) Schon D. Croone bemerkt, daß Fische fast unter allen Thieren die meiste Muskelkraft zeigen, weil sie sich in einem tausendmal dichteren Fluidum, als Luft, bewegen. In ihren Muskeln sind die Fasern nicht lang, aber zahllose Schichten derselben sind über einander gehäuft. *The Croonian Lect. on muscular motion*, p. 54.

\*\*) Diese Beobachtung paßt unter den Amphibien auch auf die Schlangengattung, mit der unter den Würmern die Naiden im Bau einigermaßen übereinkommen. Selbst der trügscheinende Regenwurm zeigt, wenn man ihn schmerzhaft reizt, welcher Muskelanstrengung er fähig ist.

oxygenirte Kochsalzsäure erhöhte, so waren sie (besonders Aale und Schleie) oft kaum zu bändigen. Die leiseste Metallberührung liefs sie auffpringen. Wenn man bedenkt, wie übereinstimmend die Wirkung des elektrischen und galvanischen Fluidums sind, so wird man diesen Vorzug der Fische vor den Amphibien weniger auffallend finden. Welche Thiergattung zeigt solche eigenthümliche (elektrische?) Erscheinungen, als der Zitteraal, der Zitterrochen und die vielen andern neuentdeckten elektrischen Fische des südlichen Oceans? Ein Blitz, der die Wasserfläche eines grossen Teiches trifft, tödtet oft alle Fische weit umher!

Ich übergehe die gewöhnlichen \*) Versuche mit den Flossen und dem Rückenmarke. Feine Experimente, welche ich mit dem Herzen der Fische und über die Sympathie ihrer Gesichtsnerven angestellt habe, werde ich im folgenden Abschnitte erzählen. Herr Abilgaard hat zu Neapel die Nerven des elektrischen Krampffisches (Raja Torpedo) galvanisirt, aber keine vorzüglich starke Reizung dabei bemerkt.

\*) Volta a. a. O. S. 126. Valli in Gren's Journal, B. 6. S. 390. Pfaff a. a. O. S. 115. — Ist es Täuschung, oder haben unsere gewöhnlichen Aale nicht auch ein Vermögen (elektrische?) Schläge auszutheilen? Mir scheint wenigstens die betäubende Empfindung, welche der lebendige Aal oft im Arme zurückläfst, ganz eigener Art. — Die Behauptung aber, daß die convulsivischen Bewegungen des Aals durch angelegtes Eisen aufhören, ist sehr irrig.

## Neunter Abschnitt.

**Amphibien.** — Winterschlaf erhöht ihre Reizempfänglichkeit. — Ursachen davon. — Die sensoriiellen Kraftäufserungen schwächen die Energie der Muskelfaser und Absonderung der Gefäße. — Ueber die Zersetzungen im Hirne, welche dem Denken gleichzeitig zu seyn scheinen. — Blutwärme der Frösche. — Physiologische Betrachtungen über Frösche, Eidexen, Kröten und Schildkröten. — Vögel. — Galvanisiren des Küchelchens im Ei. — Säugthiere. — Erscheinungen am Menschen. — Durch welche Nervenverbindung der Metallreiz das Gesichtorgan afficirt. — Volta's Zungenversuch. — Umgekehrte Sympathie zwischen dem Naso ocularis und maxillaris superior. — Aller metallische Geschmack ist vielleicht Wirkung des Galvanismus. — Versuche in der Nasenhöhle, im Alveolus eines Zahns, in Handwunden unter Blasenpflastern. — Plötzliche Umänderung der lymphatiscserösen Feuchtigkeit, — ihre ätzende Kraft. — Physiologische Folgerungen daraus. — Formel für die Größe der Reizung. — Anwendung auf das Gefühl. — Wirkungen nach oben, oder nach dem Ursprunge der Nerven im Hirne hin. — Blitze durch Verbindung der Mundhöhle mit dem After mittels zweier Metalle. — Wiederbelebung der Vögel aus dem Scheintode. — Herrn Grapengießer's Versuche über Einfluß der Nervenreizung auf die peristaltische Bewegung des Darmkanals. — Folgerungen daraus. — Auch das Herz und andere unwillkührliche Muskeln werden vom Metallreize afficirt. — Betrachtungen über die Nerven des Herzens.

**Amphibien.** — An dieser Thierklasse ist das galvanische Experiment nicht nur zuerst entdeckt,

sondern auch nachmals am häufigsten wiederholt worden. \*) Die Frösche zogen durch die Leichtigkeit, sie in Menge zu sammeln, durch ihren starken Nervenbau, ihre fast unzerstörbare Reizbarkeit, ihr reinliches Muskelfleisch und ihren fast durchsichtigen Körper, zu ihrem Unglück, die Hauptaufmerksamkeit der Physiologen auf sich. Das Blutbad, welches Haller, Röfel, Spalanzani, und 30 Jahre früher der Abt Nollet, welcher sie in Hofen von Wachstaffent einzwängte, \*\*) unter ihnen anrichteten, dies Blutbad war nur ein schwacher Vorbote von dem, was am Ende des achtzehnten Jahrhunderts in allen Theilen Europens, ja im nördlichen America, sie erwartete. Fast möchte diese Thierart, welcher man weiland in Thracien eine Staatsrevolution Schuld gab, nun selbst zur Auswanderung gezwungen worden seyn! — Schade indeß, daß so zahllose Versuche angestellt wurden und noch täglich angestellt werden, bei denen die Erweiterung unsers Wissens gar nichts gewinnt, und bei denen man sich freut zucken und abermals zucken zu sehen! Schade, daß Menschen, die auf feinere Bildung Anspruch machen, oft dabei eine Grausamkeit ausüben, die schlechterdings unnütz ist, da das Galvanisiren an lebendigen empfindenden Fröschen (ich meine solche, deren Hirn- und Rückenmark unverletzt bleibt) die unsichersten Resultate gewährt!

\*) Pfaff a. a. O. S. 114.

\*\*) Spalanzani Versuche über Erzeugung der Thiere, T. 1. S. 13.

Ich habe schon oben bemerkt, daß weibliche Frösche reizbarer, als die männlichen sind, und daß der günstigste Zeitpunkt an beiden zu experimentiren, der ist, wenn man sie aus dem Winterschlaf erweckt und in der gelinden Stubenwärme belebt. Ueber diese letztere Erfahrung, die ich seit drei Wintern gesammelt, muß ich einige Betrachtungen beifügen. Diejenige Classe von Physiologen, welche eigenes materielles Irritabilitätsprincip annimmt, behauptet, daß so wie die sensorielle Kraft sich im traumlosen Schlaf anhäuft, so häufe sich auch im thierischen Muskel, während der Wintererstarrung, die Reizbarkeit an. Ich könnte schon hier erweisen, daß, wenn man ein Princip der Irritabilität annimmt, man einem Elemente zuschreibt, was die gemeinsame Wirkung so vieler mannigfach gemischter und mannigfach geformter Stoffe ist. \*) Ich könnte erweisen, daß gerade diejenige Substanz, von deren Anhäufung, laut jener Hypothese, die erhöhte Reizbarkeit herrühren soll, der Sauerstoff, während des Winterschlafs der Pflanzen und Thiere, in unendlich geringerer Menge der belebten Maschine zugeführt wird. Die Vegetabilien können der gefrorenen Erde nur wenig Wasser entziehen. Durch die in der Kälte geminderte Pulsation der Gefäßhäute

\*) C'est vouloir établir des théories avant d'avoir rassemblé les faits, c'est *construire*, quand on n'a pas même encore *observé*; erreur excusable, mais qui de tout tems a arrêté la marche de nos connoissances. *Condorcet, esquisse d'un tableau hist. des progrès de l'esprit humain, 1797. p. 61.*



wird der Umlauf ihrer Säfte gehemmt. Die Organe, durch welche hauptsächlich das Wasser aus dem Dunstkreise eingesaugt und zersetzt wird, die Blätter, fehlen dann den meisten gänzlich. Ist nun, wie so viele Versuche lehren, das kohlen-saure Wasser die Quelle, aus welcher die Pflanzen den Sauerstoff abscheiden, wie kann, da jene Quelle und jenes Absonderungsorgan fast gänzlich mangeln, die Menge dieses vermeinten Irritabilitätstoffes sich während des Winterschlafs in denselben anhäufen? Noch deutlicher zeigt sich dieser Widerspruch bei den Thieren. Wir wissen bestimmt, wie bei dem Murmelthiere (*Arctomys Marmota*) vom September bis März die Respiration und also auch Pulfation des Herzens, Umtrieb des Bluts, Aufnahme des Sauerstoffs in den Lungen und Absetzung desselben in die Muskelfaser, thierische Wärme, kurz der ganze chemische Lebensproceß \*) gemindert ist. Wir wissen, daß schon der periodische Schlaf, falls er sanft und traumlos ist, die Functionen unsrer Athmungsorgane schwächt, und daß wir uns dennoch nach einem erquickenden Schläfe am reizempfindlichsten

\*) Vergleiche Beddoes medicin. Schriften, 1794. B. I. S. 98. Wenn Herr Beddoes aber an eben der Stelle lieber dem Aristoteles als dem Ray folgt, von denen jener die Thiere im Winterschlaf für fett, dieser für mager hält, so geschieht dies wohl nur aus Liebe für seine Hypothese vom Fettwerden. Die Marmotte schläft fett ein, nachdem sie sich Magen und Eingeweide mit Wasser ausgespült hat, und erwacht mager und abgezehrt. So haben es mich alle Gemsjäger am Mont-Blanc und St. Bernhard versichert; so erzählt es Herr von Sauffure in der *Voyage dans les Alpes*, Tome 3. p. 212.

fühlen. Wie läßt sich dies aus einer Anhäufung des Oxygens erklären? Man wendet mir vielleicht ein, daß jeder Schlaf eine Abwesenheit von Muskelbewegung voraussetze, und daß durch diese selbst der Sauerstoff verbraucht und dem Körper entzogen werde, daß demnach eine schwächere Luftzersetzung in der Lunge, bei vollkommener Ruhe der Muskeln, doch Anhäufung des Oxygens hervorbringen könne. Das Factum an sich ist zwar sehr richtig, und ich hoffe unten zu zeigen, daß fibröse Bewegung nur das Resultat einer vorhergegangenen chemischen Mischungsveränderung ist; aber als Stütze der obigen Behauptung vom Winterschlaf kann ich die Instanz nicht gelten lassen. Auf den Lebensproceß der Vegetabilien, die z. B. im kalten Norden (im Frühlinge) eine so ungeheure Irritabilität \*) zeigen, ist sie gar nicht anwendbar. Hier findet willkürliche Bewegung nicht statt, die Idee der Ruhe verschwindet, und welche Zahl kann die Differenz der Sauerstoffmenge ausdrücken, welche die blattlose beeißte, oder die schön belaubte von der Sommerfonne beleuchtete Buche dem eingefogenen Wasser entlocket? Bei Thieren consumirt allerdings die Muskelbewegung im Wachen mehr Oxygen, als das minus \*\*) beträgt, wel-

\*) Linn é hat zuerst auf diesen Umstand, besonders auf den schnellen Wachsthum der mehrlreichen Grasarten (Getreide) im nördlichen Europa aufmerksam gemacht.

\*\*) Nur Herr Darwin allein nimmt im Schlaf, außer der vermehrten Secretion, auch vermehrten Blutumlauf an. Zoonomie, B. I. S. 401. Die letztere Thatfache möchte schwer zu erweisen seyn, und vermehrte thieri-

ches im Schlafe dem arteriellen Systeme abgeht. Aber man vergleiche den Zustand eines Menschen, der sich 14 Stunden lang wachend fast aller willkürlichen Bewegung enthält, und den Zustand eines aus dem Schlafe erwachenden! Bei dem ersteren wird die Respiration gewifs nicht gemindert, eine gleiche Menge Sauerstoff strömt durch die Lunge in den ruhenden Körper — und dennoch, wie tief steht seine Erregbarkeit, wie tief das Gefühl seiner Muskelkraft unter dem des Erwachenden?

Mangel von Bewegung mindert recht eigentlich den Grad der Irritabilität. Ich habe ein auffallendes Beispiel davon an Fröschen vor mir, die ich nun schon 6 bis 7 Monate lang in einem engen Behälter aufbewahre. Sie sind wohlgenährt, nicht übermäfsig grofs, hüpfen, (wenn man sie in Freiheit läfst,) munter umher, und dennoch sind ihre Nerven mit den wirksamsten Metallen kaum zwei Stunden lang zu galvanisiren. Ihre ausgeschnittene Herzen pulsiren nur wenige Minuten, und die heftigsten Nervenreize, die ich entdeckt, (alkalische Solutionen, oxygenirte Kochsalzsäure, Arsenikkalk,) lassen den Crural- und Ichiadischen Nerven fast unbewegt. Auffallend genug, dafs dieselben Thiere, welche (als sie im Winterschlaf ausgegraben wurden) mit homogenen Metallen, selbst ohne alle Kette (Fig. 9.) lebhafte Con-

sche Wärme ist selbst bei gemindertem Blutumlauf erklärbar. Diese Wärme entspringt ja gar nicht allein aus der Masse der, in den Lungen zeretzten Luft, sondern eben so sehr aus dem Ernährungsproceffe, welcher Wärmestoff entbindet, indem er feste Stoffe aus tropfbaren Flüssigkeiten abscheidet.

tractionen erlitten, jetzt wohlgenährt, aber bei mangelnder Muskelbewegung kaum dem Zinke und Golde gehorchen!

Aus diesen Betrachtungen folgt demnach, daß die Annahme eines Irritabilitätsstoffs im Oxygen keineswegs die, durch Ruhe und Winterschlaf erhöhte Reizempfänglichkeit der Faser erklärt. Ich hielt eine sorgfältigere Zergliederung dieser Begriffe um so nothwendiger, als es für die Wissenschaften nachtheilig ist, wenn man Probleme für erklärt hält, zu deren Auflösung wir noch um keinen Schritt näher gerückt sind. Nach meinen Vermuthungen gründet sich jene erhöhte Reizempfänglichkeit auf Abwesenheit von Reizen und allgemeine Schwächung der sensoriellen Kraftäusserungen. Die Stärke mit der ein Stimulus wirkt, nimmt eben so zu, als die Länge der Zeit, seit welcher das irritable Organ zum letzten Male von demselben gereizt wurde. Das Sonnenlicht bewegt die Blätter des *Hedysarum gyrans* stärker, wenn die Pflanze 2 bis 3 Stundenlang im Finstern stand. Wer täglich Opium nimmt, wird von 8 Gran weniger afficirt werden, als ein anderer, der nie daran gewöhnt war, von  $\frac{1}{4}$  Gran. Das ist eine sehr alte \*) und gemeine Erfahrung. Wie lebhaft müssen demnach nicht alle Organe erregt werden, wenn sie während des temporellen Schlafs Stunden lang, während des Winterschlafs

\*) Beddoes und Watt Betrachtungen über den medizinischen Gebrauch künstlicher Luftarten, 1796. S. 47.

Monate lang \*) von allen äußern und so vielen innern Reizen entfernt waren, und beim Erwachen die ganze äußere und innere Sinnenwelt plötzlich auf sie einwirkt?

Eine noch wichtigere Rolle hiebei spielt die Schwächung und temporelle Aufhebung der sensorischen Kraftäußerung. Die Functionen des Seelenorgans und der sensiblen Fibern stehen gewissermaßen im Kampfe mit den Verrichtungen der Gefäße. Anstrengung beim Denken hindert die Verdauung und Assimilation: Hydrocephali, Cretins, vom Schläge gerührte Menschen, tolle und stupide Personen haben oft einen auffallend starken Appetit, und die Nutritionsgeschäfte gehen trefflich bei ihnen von statten. D. Hunter hat diese Thatsache, nach welcher „*the exercise of sensation is inimical to life*“ zuerst in das gehörige Licht gesetzt, und

\*) Das Beispiel des längsten Schlags oder der am längsten gehemmten Lebenskraft giebt das Räderthier (*Vorticella rotatoria*), welches Fontana, nachdem es  $2\frac{1}{2}$  Jahr getrocknet und unbeweglich lag, durch einen Wassertropfen in zwei Stunden wieder belebte. Vom Viperagift, B. I. S. 62. Ueber die innere Kälte der Thiere während des Winterschlafs, s. noch Jenner's und Heighton's Versuche in *Medical extracts*, Vol. I. p. 95. — Von Entziehung der Reize bei Pflanzen, s. Herrn von Uslar's Fragm. der Pflanzenkunde, S. 141. — Bei meinem vorigjährigen Aufenthalte im Departement des Mont-Blanc hat mir Herr Coutran zu Chamouny, der sich mit dem D. Paccard mit Galvanischen Versuchen beschäftigt, versprochen, sie an Marmotten, die er während der Erstarrung tödten will, anzustellen, und die Resultate seiner Beobachtungen meinen Genfer Freunden, Pictet und Jurine, mitzutheilen.

**Croone's Rede** \*) über die Muskelkraft enthält die scharffinnigsten Vermuthungen darüber. Woher es komme, daß anhaltende Uebung der sensoriiellen Kraft die Thätigkeit der Gefäße und ihr Absondungsvermögen schwächt, diese Frage gehört freilich zu den vielen, über die wir unsere bisherige Unwissenheit bekennen müssen. Ich bin weit davon entfernt, zu glauben, daß durch das Denken selbst, grobe, oder feine Stoffe consumirt werden. Einmal liegt diese Untersuchung ganz außerhalb der Gränzen unserer Wahrnehmungen, und dann führt auch die Vorstellungsart, welche sie veranlaßt, zu der größten und albernsten Art des Materialismus. Wenn aber auch das Denken selbst weder ein chemischer Proceß, noch Folge mechanischer Erschütterung ist, so scheint es doch keineswegs unphilosophisch, fibröse Bewegung, oder chemische Zersetzungen im Seelenorgane \*\*) gleichzeitig mit dem Denken anzunehmen. Viele Erfahrungen, deren Herzhählung nicht in diesen Abschnitt gehört, machen jene Annahme vielmehr sehr wahrscheinlich. Wie nun, wenn bei Uebung der sensoriiellen Kraft Stoffe in dem Hirne consumirt, oder gebunden würden, von denen die thierische Maschine nur eine bestimmte Menge enthält, und welche zu dem großen chemischen Proceß, von dem Muskelkraft und Pulsation der Gefäßhäute abhängen, mitwirken? Wie wenn diese Stoffe während des Schlafes, wo die sensorielle Kraft

\*) *l.c.* p. 28.

\*\*) Vergl. Kant's Ideen darüber in Sömmering über das Organ der Seele, 1796. S. 85.

äußerung überhaupt (so wie äußere Wahrnehmung insbesondere) geschwächt ist, den Muskeln und Gefäßen in größerer Fülle zuflößen? \*) Weit davon entfernt irgend einen Irritabilitätsstoff anzunehmen, so zeigen doch mannichfaltige Erfahrungen und besonders meine eigenen Versuche über die beschleunigte Keimkraft der Pflanzen, welche wichtige Rolle das Oxygen bei allen vitalen Functionen spielt. Erinnerung man sich nun, daß eben dieses Oxygen in dem arteriellen Blute angehäuft ist, erinnert man sich, welche ungeheure Masse von diesem oxidirten Blute (über  $\frac{1}{2}$ tel des Ganzen) ins Hirn steigt und entfäuert daraus zurückkehrt, erinnert man sich, daß angestrengteres Nachdenken eben so mehr Blut nach dem Hirn leitet, als Muskelanstrengung die Muskelgefäße füllt — so geräth man gleichsam von selbst auf die Vermuthung, daß während der sensorischen Kraftäußerungen Sauerstoff absorbirt wird, und daß diese Absorption im Schlafe geringer, als im Wachen ist. Welche Wirksamkeit mögen aber nicht die anderen, neben dem Oxygen im Blute enthaltenen Stoffe haben? Was mögen nicht die Nerven selbst (als Leiter?) dem Seelenorgan zuführen, was bei Schwächung der Denkkraft in andern Theilen des Körpers angehäuft bleibt? Wird das arterielle Blut durch sensorische Kraftäußerungen, eben so wie durch Muskelbewegung und Ernährung zersetzt, wo bleibt die große Masse von Wärme-

\*) Wunden heilen schneller während des Schlafs, als im Wachen, wenn der Genesende sich auch noch so ruhig verhält.

stoff, welche dabei entbunden werden muß? Wird derselbe zum elektrischen, oder einem ihm verwandten Fluidum gebunden? — Ein kommendes Jahrhundert bringt uns vielleicht der Beantwortung dieser grossen Frage näher. Wir begnügen uns, hier im voraus den Gesichtspunct anzugeben, aus welchem so feine Gegenstände zu betrachten sind! — —

Aber nicht bloß weibliche Individuen, und solche, die aus dem Winter Schlaf erwecket sind, auch jüngere Frösche zeichnen sich durch eine große Reizbarkeit des Muskelsystems aus. Wenn man bedenkt, wie schnell ihre Reizbarkeit durch den galvanischen Versuch erschöpft ist, und wie die innere thierische Wärme, von den Fischen bis zu den Vögeln hinauf gerechnet, in eben dem Maasse zunimmt, als die Dauer der Reizempfänglichkeit (nach Trennung des Hirns \*) vom übrigen Körper) abnimmt: so wird man zu dem Schlusse verleitet, in diesen jungen Thieren eine höhere Temperatur und deshalb eine beschleunigte Zersetzung der thierischen Elemente, einen gleichsam rascheren Lebensproceß zu vermuthen. Thermometerversuche mit einem Frosche, den man selbst groß zöge, würden hierüber entscheiden. Wenigstens habe ich bereits gefunden, daß vier erwachsene Frösche unter einer Glocke (trotz ihrer Kälte erre-

\*) Ich bediene mich ungern des Ausdrucks: Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode, weil, wie Herr Reil bemerkt, diese Worte den Widerspruch involviren, daß die Reizbarkeit sich selbst überlebe.



genden wässerigen Ausdünstung) durch ihre Luft-Exspiration den Reaumur'schen Wärmemesser um 3 Grade steigen machen.

Die kleinsten Kaulquappen \*) (*gyrini*) zeigen, da sie sich ausschließlich in einem so dichten Elemente, als Wasser, bewegen, eine ungeheure Muskelkraft im Schwanze. Man kann denselben, ohne den Nerv zu entblößen, heftig galvanisiren, und es ist auffallend, wie gegen die Zeit, daß die Vorderfüsse sich mehr entwickeln und jenes hintere Bewegungsorgan unnöthiger wird, auch die Lebhaftigkeit der durch den Metallreiz erregten Contractionen abnimmt. Trennung des Schwanzes ist für die junge Larve \*\*) tödtlich, so wie das Thier sich aber entwickelt und diese Portion des Rückenmarks sich vom Hirne weiter entfernt, werden die Verletzungen an

\*) Unter den Amphibien und Fischen sind Mißgeburten unendlich selten. Bei den letztern schiebt man die Urfach auf den Mangel absteigender Gliedmaßen (*artus*). Aber der Frosch giebt mit seinen 18 Fingern doch Gelegenheit genug zu Abweichungen vom gewöhnlichen Körperbau. Und wie viele tausend Frösche sind nicht von Menschen secirt worden? Hat man wohl Mißgeburten darunter entdeckt? Die Amphibien scheinen, wie die Schmetterlingsblumen unter den Pflanzen, unaufhörlich an das Gesetz gleichmäßiger Bildung gebunden. Vergleiche meinen Aufsatz über Prolification im *Botan. Magazin*, 1792. B. 3. S. 5. — Einen monströsen Fisch, einen *Pleuronectes* ohne Schwanz beschreibt Herr Martinet in *Verhandlungen over de naturlyke Historie*, 1795. p. 382.

\*\*) Was kann Herrn La Gèpède berechtigen den *Gyrinus* für ein bewegliches Ei zu halten. S. Berlinghieri und Brogniart in den *Annales de Chimie*, T. 12. p. 93. Vergl. *Crell's Annalen*, 1795. B. 2. S. 256. in der Note.

der Extremität immer unschädlicher. Sonderbar genug, daß ein Theil, welcher einen so wichtigen, großen, aus dem Rückenmarke unmittelbar verlängerten Nerven besitzt, sich endlich von selbst ablöst!

Der stete Aufenthalt der jungen Froschlarven im Wasser macht, daß sie den durchsichtigen Theil der *membrana nictitans* (welche selbst bei Vögeln mehr oder weniger entwickelt ist) unaufhörlich geschlossen halten. Erst wenn sie den Kopf in die freie Luft aufzurichten wagen, ziehen sie sie nach unten nieder und sehen nun durch zwei Media zugleich. Diese Membran hat wahrscheinlich wie bei den Vögeln einen eigenen Muskel; denn wenn man den Gaumen des abgeschnittenen Froschkopfes mit Zink armirt und ihn mittels Silber mit dem Auge verbindet, so zieht sich bisweilen die *membrana nictitans* convulsivisch zurück. Zorn und Röfel \*) beschreiben dieselbe einfach. Sie ist es auch wirklich, wirkt aber durch einen eignen Mechanismus, wie eine doppelte Membran. Der obere goldfarbig-gefranzte Rand ist nemlich sehr fein durchsichtig und glatt. Der untere Theil ist muskulös, faltig und dick. Es hängt nun von der Willkühr des Thiers ab, ob es jenen obern Rand allein ausspannen, oder den untern Theil so herausziehen will, daß jener Rand in ihm eingehüllt bleibt und das Ganze eine undurchsichtige Decke bildet.

Zu den Sonderbarkeiten der Froschgattung gehört noch ihre Eigenschaft, bei elektrischen Schlägen,

\*) *Theolog. natur. T. I. p. 202. Historia ranar. p. 19.*  
(Vergl. Bechstein's Naturgeschichte Deutschlands. B. 2. S. 13.)

unter gewissen Verhältnissen, die Hautfarbe (aus der braungrünen in die blaue, meergrüne und gelbe) zu verwandeln. Herr Yelin \*) hat erst neulich darauf aufmerksam gemacht. Laubfrösche scheinen sogar bei Gemüthsbewegungen solche Farbenveränderungen zu erleiden — eine Erscheinung, die mit ihrem Verbleichen durch Entziehung des Lichtreizes \*\*) nicht zu verwechseln ist.

So wie die Frösche unter den Amphibien, und, nach meiner obigen Zergliederung, selbst die Coleoptera unter den Insecten, durch ihre (in Verhältniss der Hirnmasse) starke Nerven, die niedrige Stufe intellectuellder Anlagen, auf der sie stehen, anzudeuten scheinen; so bezeichnet die grüne Eidexe \*\*\*) (*Lacerta agilis*) durch ihre feinern Nerven und grösseres Hirn eine höhere Stufe jener Anlagen. Froschnerven sind fast viermal dicker, als die gleichnamigen Nerven der Eidexe. Daher sind die Muskularcontractionen der letztern zwar anfangs unheimlich lebhaft, aber da weniger Medullarsubstanz in den Gliedmassen vertheilt und der Consens derselben mit dem Hirne so gross ist, so erschöpft der Metallreiz auch bald die letzten Reste der Irritabilität. Diese schnelle Erschöpfung ist in dem wärmern Europa, wo die Eidexe von so ungeheurer Lebhaftigkeit ist, und die höchsten Mauern erklimmt, am auffallendsten. Thiere, die in Deutschland 2 bis 3 Stunden lang deutliche Zuckungen erleiden, fand ich

\*) Lehrbuch der Naturlehre, B. I. S. 28.

\*\*) Herr v. Uslar a. a. O. S. 36.

\*\*\*) Pfaff a. a. O. S. 114.

auch bei den wirksamsten Metallen in Italien, oft nach 20 bis 25 Minuten, schon unbeweglich. — Wenige Geschöpfe werden so heftig von der oxygenirten Kochsalzsaure afficirt, als die grüne Eidexe. Es erklärt sich hieraus die schreckliche Hydrophobie dieser Amphibie. Ein Tropfen Wasser auf den Leib geträpfelt, feuchter Sand, oder gar eine Lage, in der der ganze Schwanz mit Wasser benetzt ist, scheint dem Thierchen convulsivische Schmerzen zu erregen. Ist es Zersetzung des Wassers durch die Fiber und Reiz des Sauerstoffs, welcher jene Wirkung hervorbringt?

Die Kröte hat fast eben so starke Nerven als der Frosch, aber das spiralförmige gebänderte Ansehen ist weniger deutlich daran, als bei dem letztern. Die Bewegungen, welche der Galvanismus in den abgelöseten Gliedmaßen der Kröten erregt, sind eben so schwach und träge, als die, welche die Willenskraft während des Lebens hervorbringt. Ich habe übrigens mehrmals die *Rana portentosa*, *Rana bombina* und *Rana Bufo* zergliedert, viel mit ihnen experimentirt, und (wenn ich nicht die Urinblase verletzte) nie irgend einen Hauptschmerz davon getragen. Was Herr de la Cépède \*) von der Schädlichkeit der Kröten, und gar von ihrem giftigen Athem sagt, ist sehr übertrieben. Ich habe eine große Unke eine Stundelang unter einer kleinen Glocke mit atmosphärischer Luft eingesperrt gehalten, und

\*) *Histoire naturelle des quadrupèdes ovipares et des serpents*, p. 179. Vergl. damit Forster's kleine Schriften, Th. 5. S. 299.

nichts als kohlenfaures Gas, Stickluft und mindern Antheil von Sauerstoffgas gefunden. Was darf man dem Grafen de la Cepede nicht aber zutrauen, ihm, der aus Haß gegen die Kröte, „die schlanke Taille des Frosches, seine schönen Gliedmaßen, sein liebliches Farbengemisch, seinen Schleim, der alle Reize erhöht, und seine reinen Liebestriebe“ \*) mit Enthusiasmus erhebt?

Flusschildkröten zeigen eine Ausdauer der Irritabilität, welche mit der der Frösche zu vergleichen ist. Herr Philipp Michaelis, (ein Mann, dessen anatomischer Scharfblick gewiss allgemein erkannt zu werden verdient) fand bei einer Schildkröte, die zerschnitten und ohne Herz wohl 18 Stunden lang der freien Winterkälte zu Pavia ausgesetzt gewesen war, noch lebhafte Muskularcontractionen. Herr Hermbstädt hat die wichtige Beobachtung \*\*) gemacht, dass die *Testudo europaea* noch vom Metallreize afficirt wird, wenn auch ihr Muskelfleisch bereits in Fäulnis übergegangen ist.

Vögel — zeigen, wie schon oben erwähnt, die vollkommenste ausgebreitetste, bis ins Innere der Knochen dringende Respiration, die größte Luftzerfetzung, die größte thierische Wärme und die kürzeste Dauer galvan-

\*) Der Graf vergaß, dass diese reinen Triebe bisweilen auch gegen Cadaver (wie weiland bei den ägyptischen Einbalsamirern) gerichtet sind.

\*\*) Creve vom Metallreiz einem Prüfungsmittel des wahren Todes, 1796. S. 83.

vanischer Erscheinungen. Alle diese Verhältnisse stehen in causalem Zusammenhange mit einander. Ich habe vielfache Versuche an Hühnern, Gänsen, Raben, Dohmpfaffen, Canarienvögeln und Hänflingen angestellt. Wenn man bei den muntern kleinen Vögeln, deren Lebensflamme gleichsam mit dem letzten Herzschlag zu verlöschen scheint, nicht schnell zur Präparirung der Nerven schreitet, so ist die Anwendung des Metallreizes vergeblich. \*) Bei einem Hühnchen von 13 oder 14 Tagen, welches durch einen Zufall im Ei entblöst war, habe ich durch Zink und Gold Bewegungen der Flügel hervorgebracht. Ueber die Sympathie der Ciliarnerven mit denen des Unterkiefers, oder über die merkwürdige Bewegung des Schnabels bei Armirung der Zunge und des Auges, so wie über die belebende Leitung des galvanischen Fluidums vom Schlunde zum After werde ich unten meine Versuche mittheilen.

Säugthiere. — Fast an allen größeren hiehländischen Säugthieren sind die Erscheinungen des Metallreizes geprüft. Ich habe ihn selbst mit meinem älteren in der Anatomie weit erfahrenem Bruder, auf Hunde, Kälber, Kaninchen, Meerschweine (*cavia Porcellus*) Füchse, Schafe, Ziegen, Ratten, Mäuse und Fledermäuse angewandt, nicht etwa um die Zahl so einförmiger Versuche zu vervielfältigen, sondern bei Gelegenheit von Winter-

\*) So ist es oft auch bei Mäusen (Pfaff a. a. O. S. 113.) und überhaupt fast bei allen sich sehr lebhaft bewegenden Thieren.

fectionen, die zu andern Zwecken angestellt wurden. Am wichtigsten bleiben indeß dem Physiologen die Erfahrungen, die man am Menschen selbst gesammelt, und welche ein neues Licht über die Verrichtungen mancher Organe verbreitet haben. So viel ich weiß, bin ich der erste gewesen, der es versucht hat, Muskelbewegungen durch Entblößung der Nerven an sich selbst hervorzubringen. Die Folge dieses Abschnitts wird lehren, daß ich durch den Gewinn an neuen Erfahrungen reichlich für die selbst erregten Schmerzen belohnt worden bin. —

Alle Nervenwirkungen sind gleichsam als das Resultat einer zwiefachen Kraft, der Bewegungskraft, (welche Sömmering \*) Spannkraft nennt) und der Empfindungskraft, der *vis motoria* und *sensitiva* zu betrachten. Diese Eintheilung ist sehr alt \*\*) und überaus natürlich. Wenn es auch je erwiesen werden sollte, daß der Empfindung eine fibröse Bewegung im Hirne *responde*, so ist die Fähigkeit, diese hervorzubringen, von dem Vermögen die Muskelfasern zu verkürzen, doch wesentlich verschieden. Haben die Nerven nicht aber auch eine chemische Wirkung \*\*\* ) auf die Gefäße

\*) Hirnlehre, §. 187.

\*\*) Schon Gaubius sagt: „*Duas itaque in solido nervo concipere facultates licet; alteram quasi sentiendi, qua stimuli actionem suo quodam modo percipit, alteram movendi, qua sese contrahendo vim vi opponit ac repellit, veluti, quod quietis suae statum turbat.*“ *Institut. Patholog.* 59. p. 73.

\*\*\* ) *Reil et Gautier de Irritabilitate*, 1793. p. 4.

der Abfonderung? Die Beantwortung dieser Frage hängt von der des großen Problems ab, ob nicht alle chemische Veränderungen auf Bewegungen reducirt werden können, ein Problem, dessen Auflösung der ehrwürdige Genfer Weltweise Sage sich in seiner Chymie mécanique und im Lucrece Neutonien am meisten genähert hat. \*) Wie vollends, wenn Spannung der Muskeln auch nur Folge chemischer Mischungsverhältnisse ist, und wenn in diesem Sinne Bewegung eben so auf Affinität, wie diese auf Bewegung zurückzuführen ist?

Wir folgen in der Lehre vom Metallreize den zwiefachen Wirkungen der Empfindungs- und Spannkraft. Die Versuche über die Empfindung müssen mit großer Vorsicht angestellt werden, da die Phantasie und die erwartungsvolle Stimmung, mit welcher man zum Experimentiren schreitet, so leicht zu Täuschungen führt. Da dieselbe ohnedies auf etwas bloß subjectivem beruhen, so wird jeder unpartheiische Beobachter am liebsten an sich selbst Erfahrungen sammeln. Doch sind Versuche über die Sinne auch selbst an Thieren ausführbar, die

\*) Ich sage ausdrücklich am meisten genähert; denn an sich ist das Problem wahrscheinlich unauflöslich. S. Kant's metaphys. Anfangsgründe der Naturwissenschaft, 1787. S. 10 und 101. Möchte es doch in Deutschland mehr Sitte seyn, den Scharfsinn junger Physiker durch Lesung der Sageschen Schriften zu schärfen, nicht um die Corpuscularphilosophie geüßentlich zu verbreiten, sondern um ein Gebäude kennen zu lernen, welches in der Harmonie aller Theile von dem tiefen Genie seines Urhebers zeugt und zu den wichtigsten Erscheinungen dieses Jahrhunderts gehört.



durch das Spiel ihrer Gesichtsmuskeln deutliche Zeichen ihrer Empfindungen geben. So scheinen die Hunde überaus empfindlich für die Wirkungen des Metallreizes auf die Zungenwärtchen zu seyn, obgleich diese Wärtchen sich nicht durch ihre Länge, wie bei den Grasfressenden Thieren, auszeichnen. Ein sehr gutmüthiger, träger und großer Hühnerhund liefs sich mit unglaublicher Geduld Zink an den Gaumen legen. Bei dem Berühren mit der andern Zinkstange blieb er sehr ruhig. Kaum aber traf das Silber seine Zunge, so gab er die drolligsten Kennzeichen des Widerwillens durch convulsivisches Verzerren der Oberlippe und anhaltendes Lecken. Ja, das blofse Vorzeigen einer Zinkstange rief ihm lange nachher jene Geschmacksidee wieder hervor, indem sie ihn bis zum Zorn reizte.

Ich übergehe alles das, was in den verschiedenen Abhandlungen über den Galvanismus von dem Hunter'schen Augenversuche und dem Volta'schen Zungenversuche gesagt ist, und begnüge mich auf einige neue Beobachtungen aufmerksam zu machen, welche von meinen Vorgängern zum Theil übersehen, zum Theil nur flüchtig angedeutet sind.

Die Blitzähnliche Erscheinung vor den Augen wird auf vierfache Art erregt, indem man entweder beide Augen, oder die Nasenhöhle und ein Auge, oder Zunge und Auge, oder Zunge und spongiöse Substanz der Oberzähne armirt. \*) Der letz-

\*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 143. 305. 322. und die dort citirten Schriftsteller. Gren's Journal, B. 7. S. 326.

tere Versuch ist unstreitig der wichtigere darunter, da das Auge gar nicht dabei berührt wird, und zwei in die Mundhöhle genommene Metalle eine Lichterscheinung hervorbringen. Die erste Entdeckung und frühere Bekanntmachung desselben gehört Herrn George Hunter. Ein Zufall hatte mich ebenfalls darauf geleitet, ehe noch Fowler's Schrift in Deutschland bekannt wurde.

Durch welche Nerven wird aber diese wunderbare Sympathie begründet? Wo ist eine wirkliche Anastomose mit dem Gesichtsnerven selbst? Ich glaube, daß man hier keineswegs auf Rückwirkung des Hirns oder auf vermehrte Thätigkeit \*) der Aderhautgefäße und mechanische Reizung der Netzhaut, sondern bloß auf das allgemeine Gesetz der Zuleitung recurriren muß, welches ich im 6ten Abschnitt entwickelt habe. Der Nasenhöhlzweig (nervus narinus) giebt 1 bis 2 Blendungsnerven ab, welche fest auf die Scheide des Sehnerven geheftet sind, und läuft vorher selbst quer über denselben weg. Alles also, was den Nervus narinus (vom ersten Hauptast des fünften Hirnnerven) reizt, kann durch Zuleitung auf die Markhaut des Sehnerven fortgepflanzt werden, so gut als ein Schenkel zuckt, man mag dessen Nerven selbst, oder ein leitendes Stück Muskelfleisch berüh-

\*) Pfaff a. a. O. S. 323. — Rückwirkung des Hirns würde übrigens jetzt, da Sömmerring die große Entdeckung vom Ursprunge des fünften Paares nahe an der Wand der vierten Hirnhöhle bekannt gemacht hat, erklärbarer als ehemals seyn. Vom Organ der Seele, §. 21. Tafel II.

ren, welches an ihm anliegt. Der Nasenhöhlzweig hängt (nach Cotuni) regelmässig mit einem Faden des Nafalis superficialis inferior (des untern Hautnerven der Nase vom zweiten Hauptast des fünften Paares) zusammen. Da diese Anastomose aber nicht selten fehlt, \*) so ist mehr noch auf die Vereinigung des Nervus narinus mit dem Antlitznerven (besonders mit dem jugalis quartus,) welche im Augenliedschliesser geschieht, zu rechnen. Dieser anastomosirt nun regelmässig mit dem untern Hautnerven der Nase, welcher, wie der vordere grössere Gaumnerv, ein Zweig des zweiten Hauptasts des fünften Nervenpaares ist. Liegt nun ein Metall zwischen der spongiösen Substanz der Oberzähne und Oberlippe, so ist leicht einzusehen, wie es jenen Gaumnerven (Nervus palatinus anterior major,) dessen innerer Zweig sich bis ans vordere Zahnfleisch der Schneidezähne verbreitet, reizen kann. Auch lehrt folgende Beobachtung, welche wichtige Rolle jener Nerv in dem Hunterschen Versuche spielt. Die blitzähnliche Erscheinung seh' ich erfolgen, wenn beide Metalle am Innern des Gaumens, besonders an der innern Naht des Oberkiefers anliegen. Warum? Weil gerade in diese Gegend der Gaumenhaut sich beide Zweige des vorderen grösseren Gaumennerven verbreiten.

Liegt das Metall zwischen der Oberlippe und der spongiösen Substanz des Zahnfleisches, so wirkt hauptsächlich der zweite und dritte Oberlipp-

\*) Sömmerring's Hirnlehre, S. 209.

nerve, welcher durch mehrere Fäden mit dem Antlitznerven (besonders dem *facialis inferior tertius*,) und mittels dieses mit dem auf dem Sehnerv gehefteten *narinus* (Nasenhöhlzweig) vereinigt ist. Bei mehreren Individuen hängt der zur Oberlippe herablaufende *Nervus infraorbitalis* unmittelbar mit dem *infratrochlearis* des Nasenhöhlzweigs zusammen. Aus diesen mannigfaltigen Anastomosen des Antlitznerven und fünften Hirnnerven, so wie aus der verschiedenen Dicke ihrer äußeren Bedeckungen läßt sich einigermaßen erklären, warum manchen Menschen der Hintersche Versuch besser als andern gelingt.

Wo man die blitzähnliche Erscheinung und das Galvanisiren der Zunge anatomisch zu erklären sucht, finde ich immer eine Armatur von Muskeln und Nerven erwähnt; ja man ist verlegen, welchen Theil man als armirten Muskel betrachten soll. Zu diesen Verwirrungen hat die Gewohnheit, das Galvanische Experiment durch Verbindung einer Nerven- und Muskelbewaffnung anzustellen, geführt. Aber dasselbe glückt eben so gut, wenn ein Nerv in zwei verschiedenen Punkten armirt ist. Ist der Nerve vollends ein Sinnesnerv, so kommt wahrscheinlich dabei gar keine fibröse Bewegung ins Spiel, sondern die Reizung wird bis ins Seelenorgan fortgepflanzt und erregt unmittelbar die Empfindung, welche jenem specifischen Reize entspricht. Es mag daher der Zungennerv an seiner pinselartigen Verbreitung, und der Oberlippennerv



ve, \*) oder dieser und der Gaumennerve armirt werden, so sind (nach obiger Entwicklung jenes wunderbaren Geflechtes) alle diese sensiblen Organe doch als ein einziger fortlaufender Zweig zu betrachten.

Personen, denen ein Auge zerstört und vertrocknet ist, sehen die blitzähnliche Erscheinung deutlich in dem gesunden Auge. Versuche mit Blindgeborenen, deren Sehnerv vor und nach der Kreuzung \*\*) wahrscheinlich unverletzt ist, fehlen bisher, und würden doch nicht unlehrreich seyn. Während eines Gewitters gelingt (wie ein hiesiger kenntnißvoller Arzt, Herr von Schallern, zuerst und sehr richtig bemerkte,) das Huntersche Experiment am stärksten. Je näher das Gewitter herandrückt, je mehr der Dunstkreis mit dem elektrischen Fluidum geschwängert ist, desto lebhaftere Blitze erregt der Metallreiz.

Zusammenziehung, oder Erweiterung der Pupille habe ich, so wenig als Herr Pfaff, je beobachten können, und ich vermuthe selbst, daß

\*) Der Zungennerve hängt wie der Oberlippennerve mit dem Antlitznerven und zwar durch die Chorda tympani zusammen.

\*\*) Vergl. Ueber die Durchkreuzung der Sehnerven, von Philipp Michaelis, 1790. Der Verfasser hat seitdem viele neue, die Decussation ganz bestätigende Fälle beobachtet. — Wie verhalten sich die Sehnerven in den Monoculis, welche bei Schafen vorkommen? und wovon das Naturaliencabinet der Academie zu Pavia ein so deutliches Exemplar besitzt. Das Lamm hatte lange mit seinem einen Auge auf der Stirn gelebt und scharf gesehen.

**Fowler's** widersprechende Versuche sich aus eben der Sympathie der Nasen- und Blendungsnerven erklären lassen, welche bei hellem Lichte niesen und beim Riechen an Salmiakgeist (beim Wasserkopf) Erweiterung der Pupille erregt. Für Mitwirkung des freien Lichtes bei diesem Galvanisiren haben wir also noch gar keinen Beweis. Jedes Organ giebt die Erscheinung, welche seiner Energie angemessen ist. Ein gereizter Sehnerv kann daher nicht fibröse Bewegung, sondern nur Lichtempfindung hervorbringen, er mag vom galvanischen Fluidum, oder bloß mechanisch \*) gereizt seyn. Ich besinne mich selbst bei einer unvorsichtigen Bereitung der oxygenirten Kochsalzsaure, wo meine Geruchsnerven bis zur Betäubung vom Sauerstoffe gereizt wurden, lange einen blitzähnlichen leuchtenden Schein vor den Augen gesehen zu haben. Meine Pupille veränderte sich dabei eben so wenig, als bei den unglücklichen Menschen, welche ein Druck aufs Hirn ganze Reihen von Lichtern \*\*) sehen liefs.

D. **Monro** zu **Edinburg** war so erregbar für den Metallreiz, daß er aus der Nase blutete, wenn

\*) **Marat's** Feinde sagten im **Nationalconvente**, daß Blitze, die jener bei einer Ohrfeige gesehen, ihn zum Nachdenken über die Natur des Lichtes und zu seinem *Traité sur le feu* veranlaßt hätten!

\*\*) Auch mannichfaltige innere Reize bringen bei verschlossenen Augen Licht- und Farbenerscheinungen hervor, deren Gesetze Herr **Darwin** mit unglaublichem Scharf Sinne entdeckt hat. — Blitze beim Erwachen und Aufschlagen der Augenlider erklärt man aus einem elektrischen Reiben der Augenwimpern, — eine Erklärung, die wohl mehr künstlich als wahr ist.

er Zink ganz leise in das Nasenloch schob und damit die Zungenarmatur berührte. \*) Das Bluten fing immer erst mit dem Blitze an. Diese Erscheinung scheint mir in physiologischer Hinsicht lehrreich. Sie zeigt, wie die Nerven, wo sie die kleinen Blutgefäße umschlingen, diese reizen und ihre Pulsation beschleunigen. Sie bestätigt, was große Zergliederer von den Wirkungen der Scham und Freude aufs fünfte Paar der Nerven und auf den Antlitznerven behaupten.

Wenn man den Hunterschen Versuch oft hinter einander wiederholt, so kann man sich, was ich aus eigener Erfahrung weiß, temporäre Schwäche der Augen, wie nach großer Anstrengung beim Lesen, und endlich Entzündung derselben zuziehen. Kann aber diese heftige Reizung selbst nicht in einigen pathologischen Fällen nützlich seyn? Boerhaave \*\*) erzählt, daß ein englischer Tonkünstler, dem eine gesprungene Violinseite das Auge traf, dadurch eine solche Schärfe des Gesichts erhielt, daß er seitdem ohne Schmerz die feinste Schrift bei Nacht lesen konnte. Bei Personen, welche man ohne Rettung erblindet hält, möchte man daher immer den Metallreiz wagen. Ich würde, um das Galvanische Durchströmen zu vermehren, die ganze Zunge, den ganzen Gaumen, ja die ganze innere Mundhöhle mit wirkamen Metallen zu belegen rathen. Dann würden alle Zweige des fünften Paares und des Antlitznerven auf einmal wirken. Ist der Sehnerv noch

\*) *Medical extracts, Vol. I. p. 117.*

\*\*) *De morbis oculorum, Gött. 1746. p. 132.*

nicht ganz verdorret, so erhalten einige Fasern derselben vielleicht durch die Erschütterung so viel Reizbarkeit, daß sie die Functionen der fehlenden verrichten. Versuche dieser Art scheinen vielversprechend und wenigstens unschädlich. Von den wohlthätigen Wirkungen der Elektrizität hat Herr Prof. Ellinger \*) merkwürdige pathologische Fälle bekannt gemacht. Durch elektrische Bäder und positive Strahlenbüschel, welche auf die Augenlieder gerichtet wurden, heilte er einen grauen Staar, \*\*) Augenentzündung, Lichtscheu, Eiterungen und einen Thränenfluß. Aus der specifischen Unerregbarkeit gewisser Organe gegen gewisse Reize läßt sich sehr leicht erklären, warum bei so vielen andern Augenkranken die Elektrizität unwirksam war.

So wie man bei Bewaffnung des Zungen- und Gaumennerven den Sehnerven durch Zuleitung reizen kann, so habe ich durch eine umgekehrte Sympathie mittels des Sehnerven und Naso-ocularis Zuckungen im Maule der Thiere hervor gebracht. Ich zergliederte bei einer Durchreise durch Leipzig mit Herrn Fischer, dem vortrefflichen Beschreiber der Schwimmblase, den *Cyprinus Carpio*. Wir armirten den Opticus mit Silber, und einen andern ausgezeichneten Nerven, der in die Augenhöhle tritt und Fäden abgiebt, die den Sehnerven berühren, (wahrscheinlich also ein

\*) Voigt's Magazin für das Neueste aus der Physik, B. 9. St. 4. S. 175.

\*\*) Ware heilte einen schwarzen Staar durch Elektrizität. S. Merkwürdige Abhandl. der Londner medicin. Gesellschaft, B. 3. n. 14.



Nerve, der dem *Naso ocularis* des ersten Hauptastes vom fünften Paare beim Menschen entspricht) mit Zink. So wie sich beide Metalle berührten, entstand ein heftiges Zucken der Oberkiefer. Ward hier das Galvanische Fluidum nicht vom *Naso ocularis* auf den *Maxillaris superior* oder zweiten Hauptast des fünften Paares geleitet? Bei einem Gänsekopfe, der seit 8 Minuten abgeschnitten war, armirte ich die Zunge und das Weiße des Auges. Zu meinem Erstaunen öffnete sich der Schnabel  $\frac{1}{4}$  Zoll weit und es entstand ein schnatterndes convulsivisches Klappern der Kinnladen. Wurden beide Metalle im Munde selbst angelegt, so war die Bewegung nicht hervorzubringen. Es wäre der Mühe werth, den Lauf der Nerven an einem Gänsegesichte sorgfältig zu verfolgen, um das Problem zu lösen, warum der Voltasche Blitzversuch bei ganz ähnlicher Armirungsmethode nicht dieselben Zuckungen in den Kiefern beim Menschen erregt?

Ich komme nun zu dem Voltaschen Zungenversuche, welcher bereits vor 30 Jahren in Teutschland angestellt wurde, und dessen in der 1767 erschienenen *Nouvelle théorie des plaîfirs* von Sulzer \*) erwähnt ist. Vielleicht hat man

\*) P. 155. (Vergl. Lichtenberg's Taschenkalender, 1794. S. 186. Pfaff a. a. O. S. 135. 312. und 321. Gren's Journal der Physik, H. 22. S. 66. u. 236. Aldini *de animal electricitate*, p. 14. Carradori, *lettera quinta sull' elettricità animale diretta al Sig. Caval. Felice Fontana. Tabulae nevrologicae ad illustrandam historiam anat. cardiacorum nervorum auctore Antonio Scarpa, Ticini, 1794. p. 16.*)

schon seit Jahrhunderten einen säuerlichen Geschmack empfunden, wenn man eine silberne Schnalle so in den Mund nahm, daß der Rand derselben die obere, der Dorn die untere Zungenfläche berührte. Vielleicht hat man seit eben der Zeit in chirurgischen Operationen bei Lancetten mit silbernen Griffen, oder Pincetten und Scheeren convulsivische Zuckungen bemerkt, ohne zu ahnden, daß hier etwas ganz anders, als mechanische Reizung, wirke! Wie, wenn ein scharfsinniger Kopf, dem die *Théorie des plaîsirs* in die Hände fiel, von der Idee der freien Zungennerven auf den Versuch mit entblößten Bewegungsnerven geleitet worden wäre, dann — dann wäre die große Entdeckung des Metallreizes noch in die schöne Epoche eines Haller, Franklin, Trembley, Camper und Buffon, in die Jugendjahre des großen Florentiners Felice Fontana gefallen. Ich bin weit davon entfernt, unser Jahrzehend arm an untersuchenden Köpfen zu nennen, aber was hätten unsere Zeitgenossen für Fortschritte thun können, wenn wir mehr von jenen empfangen hätten, als wir der Nachwelt hinterlassen.

Herr Volta hat bei Bekanntmachung seiner Entdeckung zugleich auch eine Verschiedenheit des erregten Geschmacks, nach Verschiedenheit der Armatur einen säuerlich-brennenden und einen alkalisch-bittern angegeben. Wenn dieser Unterschied in der Natur auch nicht so bestimmt ist, als es jene Worte ausdrücken, so ist er doch immer vorhanden und nicht in bloßer Abstufung der Stärke und Schwäche gegründet. Der Geschmack, welcher

bei Belegung der Zungenspitze mit Silber und der hintern Zungenfläche mit Zinn entsteht, hat, wenn das Organ nicht erregbar ist, bisweilen die volle Bittere der *Polygala amara*. Merkwürdig ist es, daß bei diesem Experimente außer den Geschmacksorganen zugleich auch, wie beim Genuß heißer Speisen, das Gefühl afficirt wird. Die brennende Empfindung, welche eine breite Silberfläche unter und Zink über der Zunge erregt, ist schlechterdings eine Erscheinung des letztern Sinnes. Denn man bemerkt dies Brennen vollkommen in der Lippe, wenn man diese nebst der Zunge armirt. Dagegen wird Kälte erregt, wenn man die hintere obere Fläche der Zunge mit Zink, die untere vordere mit Silber armirt, ja die Empfindung der Kälte nimmt zu, so wie man mit dem Zinke tiefer gegen die Zungenwurzel fort schreitet. Setzt man das Galvanisiren an dieser Stelle lange fort, so erregt der Reiz eine Uebelkeit, welche bis zum Erbrechen vermehrt werden kann. Man glaube nicht, daß diese Uebelkeit Folge des mechanischen Reizes sey. Denn homogene Metalle kann man unter ähnlichen Umständen lange Zeit appliciren, ohne dasselbe Gefühl zu erregen.

Dagegen habe ich ebenfalls mehrmals an mir selbst erfahren, daß homogene Metalle (bei erhöhter Reizempfänglichkeit der Organe) Sinnesnerven so gut, als Bewegungsnerven, afficiren. Man bestreiche seine Zunge mit einer diluirten alkalischen Auflösung (schwachem *Oleum tartari per deliquium*) oder oxygenirter Kochsalzsäure, so em-

pfundet man bei jedem Contacte der (vorher ganz unwirkfamen) homogenen Zinkflange brennende Schläge in der ganzen Mundhöhle. Alle Personen, welche sich entschlossen, diesen Versuch eben so anzustellen, haben mir die Richtigkeit meiner Beobachtung bestätigt. Auch das Huntersche Blitzexperiment gelingt mit homogenen Metallen, wenn man den Gaumen und die Oberlippe von innen mit der alkalischen Auflösung benetzt. Ja, es ist mir gelungen, bei Personen, welche wegen Unerregbarkeit der Organe mit Zink und Gold fast gar keinen blitzähnlichen Schein sahen, durch diese Benetzung ein lebhaftes Leuchten hervorzubringen. Unpartheiische Physiker werden in der Uebereinstimmung so vieler Phänomene die Richtigkeit meiner Behauptung (S. oben den dritten Abschnitt) von der Wirkksamkeit homogener Excitatoren, erkennen.

Wenn Zink die untere Zungenfläche bewaffnet und mit der trocknen Hand eine Silberplatte gegen den Zink gedrückt wird, so empfindet man keine Reize der Geschmacksorgane. Die Hand isolirt und die Erregbarkeit des Systems ist nicht groß genug, um hier (wie im Fall Fig. 9.) ohne Kette afficirt zu werden. Befeuchtet man die Hand, \*) so ist die Kette, durch die Verbindung des Arms mit dem Rumpfe, hergestellt, und nun tritt auch die Reizung ein. Selbst der Hauchversuch, oder das

\*) Vergl. damit Herrn Volta's Versuch, bei welchem Berührung der Zunge durch alkalische Lauge einen sauren Geschmack erregt. Gren's Neues Journal der Phys. B. 3. H. 4. S. 486.

Galvanische Dampfelektrophor (s. oben den vierten Abschnitt) gelingt bei dem Voltaschen Experimente. Man armire beide Zungenflächen mit homogenem Zinke, so wird man (bei minderer Reizempfänglichkeit der Organe) nicht eher den sauren Geschmack empfinden, als bis das Silber, welches zwischen dem Zinke liegt, auf einer Seite mit Wasser benetzt wird. Steht das Silber auf beiden Seiten mit einem verdampfenden feuchten Stück Muskelfleisch in Berührung, so verschwindet die Reizung wieder.

Dafs bei allen diesen Versuchen keine Zuckung der Zunge entsteht, beweiset vollkommen die alte Galenische Behauptung, dafs das fünfte Nervenpaar (der dritte Hauptast) zum Geschmack, das neunte (*lingualis medius*) ausschliesslich zur Bewegung der Zunge dient, eine Behauptung, welche Herr Scarpa neuerlichst in seinen Tafeln über die Herznerven (1794) durch viele pathologische Fälle bestätigt hat. Als ich bei einem Kaninchen den Zungenfleischsnerven nahe am Zungenbein, wo beim Menschen der *Hyoglossus* liegt, armirte, sah ich deutlich den vordern Theil der Zunge sich nach innen einziehen.

Wenn man die Schwerauflöslichkeit metallischer Substanzen im Speichel betrachtet, so scheint es auffallend, dafs alle Gattungen der Metalle schon für sich die Geschmacksnerven reizen, ja, so sonderbar reizen, dafs man einen eignen Namen für diese Art der Reizung erfunden hat. Wie wenn jeder metallische Geschmack überhaupt nur eine Folge des

Galva-

Galvanismus wäre, wenn die Berührung der Zungenwärtchen mit einem einzelnen Metalle schon ein schwaches Galvanisiren der Zunge wäre? Die Entdeckung (Fig. 9.), daß bei homogenen Metallen, selbst ohne kettenförmige Verbindung, Contractionen entstehen, macht diese Vorstellungsart weniger verwerflich. Auch berührt jede noch so kleine Münze, welche man in den Mund nimmt, mehrere Zungenwärtchen. Der dritte Hauptast des fünften Paares ist also eigentlich in mehreren Punkten (wie Fig. 5.) armirt.

Bei meinen Versuchen auf den Wunden des Schulterblattes hat sich gezeigt, daß der Metallreiz in wenigen Secunden die Absonderung einer scharfen, dunkelgefärbten serösen Feuchtigkeit bewirkte. Wie wenn der Voltasche Zungenversuch nur in so fern die Geschmacksorgane afficirte, als er jene Secretion in den Flocken veranlaßte? Wie wenn wir nicht das Galvanische, oder elektrische Fluidum selbst, sondern nur den, durch die veränderte Thätigkeit (*vita propria*) der Gefäße abgefonderten Saft schmeckten?

Die freie Ausbreitung der Geruchsnerven, welche vom ersten und fünften Paare (*ram. secund.*) abstammen, die sympathischen Erscheinungen des Gesichtes, Geruchs und Geschmackes, und die Analogie mit dem riechbaren elektrischen Fluidum ließen allerdings vermuthen, daß das Galvanisiren der Nasenhöhlen auch den Sinn des Geruchs afficiren müsse. Diese Vermuthung hat sich aber bisher kei-

neswegs \*) bestätigt. Zwar ist es mir geglückt, durch eine Zinkflange, welche man nur 2 Linien tief an die innere Zwischenwand der Nasenlöcher, und eine Silbermünze, welche man an die Zunge anlegt, bei jedesmaliger Berührung der Metalle einen sonderbaren Kitzel, von Kälte begleitet, in der Nase zu erregen. Mit Fortsetzung des Experiments entsteht Drücken im Kopfe und eine Neigung zum Niesen. Durch homogene Metalle kann man sich überzeugen, daß diese Neigung schlechterdings nicht Folge eines mechanischen Reizes ist. Aber eben so wenig gehört sie zu den Phänomenen des Geruchs, da sie bloß den allgemein verbreiteten Sinn des Gefühls afficirt.

Ueber die Reizempfindlichkeit der Zahnhöhle haben Herr Robinson und Hecker widersprechende Erfahrungen \*\*) geliefert. Ich selbst muß auf die Seite des erstern treten. Ich hielt Zink an den Alveolus des hintersten Backenzahns im Oberkiefer, wenige Minuten nachdem er nur herausgerissen war. Die Zunge war mit Silber armirt. Der Contact der Metalle erregte ein lebhaftes Pochen und Zucken im Gaumen, so wie Brennen in der Zahnhöhle. Dieses Brennen und ein heftiger Speichelfluss dauerte wohl zwei Minutenlang nach Aufhebung des Contacts fort. Ja! Gold und Zink brachten noch nach zwei Tagen schmerzhaft Empfindungen hervor und es wäre gewiß leicht gewesen, die Reizung bis zur Entzündung fortzusetzen.

\*) Pfaff a. a. O. S. 147. und 213.

\*\*) Pfaff S. 148.

Diese Entzündung durch Anwendung des Metallreizes habe ich wirklich an einer Handwunde entstehen sehen. Als ich mit den obigen Versuchen beschäftigt war, hatte ich mir durch einen heftigen Fall die Haut am Handgelenke, wo die Arterien frei liegen, abgeschunden. Diese glückliche Gelegenheit zu Beobachtungen durfte nicht ungenützt vorbei gehen. Die Cuticula war weggerissen, aber das Blut (welches mich bei andern vorsetzlich gemachten Incisionen am Fusse im Experimentiren gehindert hatte) floss in geringer Menge. Ich armirte die Wunde mit Zink und berührte denselben mittels einer grossen Silbermünze. So lange der Contact der Metalle dauerte, empfand ich eine Spannung bis in die Finger Spitzen herab, ein Zittern der Maus und ein brennendes Stechen in der ganzen Handfläche. Der Schmerz wurde deutlich stechender, wenn der scharfe Rand des Thalers und nicht die Fläche desselben, den Zink berührte. Auch sah ich, durch den Reiz, den Zufluss des Bluts sichtbar zunehmen. So wie dieses geronn, wirkte die Armirung schwächer. Ich machte daher mit einem Secirmesser feine Einschnitte und nun brachte das mehrere Tage lang fortgesetzte Galvanisiren eine völlige Inflammation hervor.

So wie in dem vorerwähnten Experimente Empfindungs- und Spannkraft zugleich \*) afficirt wurden, so zeigte sich diese vereinte Wirkung noch deutlicher bei den Rückenwunden, deren ich bereits in meinen physiologischen Briefen an Herrn

\*) Pfaff S. 299.



Blumenbach \*) erwähnt habe. Nirgends häufen sich alle Erscheinungen des Galvanismus so an einander, als bei diesem Versuche. Ich liefs mir, um eine recht grofse entblöfste Hautfläche zu erhalten, zwei Canthariden von der Gröfse eines Laubthalers in die Gegend der beiden Schulterblätter legen. Sie bedeckten genau den *Musculus cucullaris* und *deltoides*. Besonders lag die Wunde der rechten Seite mehr auf dem Deltamuskel, denn die Zuckungen, welche beim Galvanisiren entstanden, waren fast allein in diesem Muskel zu sehen. Als beide Blasen aufgeschnitten waren, quoll, wie gewöhnlich, die lymphatisch-seröse Feuchtigkeit ungefärbt herab. Wo sie den Rücken berührte und antrocknete, liefs sie nichts, als einen schwachen Glanz zurück, der durch Abwaschen sogleich vernichtet wurde. Meine rechte Wunde liefs ich nun mit einer Silberplatte bedecken; kaum war der Conductor von Zink genähert, so wurde, unter schmerzhaftem Brennen, neue Feuchtigkeit hervorgelockt. Diese Feuchtigkeit erschien aber, zum Erstaunen aller Umstehenden, nicht weifs und gutartig; nein, sie war in wenigen Secunden roth gefärbt und entzündete, wo sie herab lief, den Rücken mit blaurothen Striemen. Kein bösartiges Geschwür kann einen so scharfen schnellwirkenden Saft hervorbringen. Diese

\*) Im ersten und dritten, S. Gren's neues Journal d. Physik, B. 2. S. 119. und B. 3. S. 166. Vergl. auch Scarpa in *Tab. nevrol. ad illustrandam hist. cardiacorum nervorum* 94. p. 6. Mündlichen Nachrichten zufolge hat einer meiner Jugendfreunde D. Schacht zu Utrecht ähnliche Versuche bei Blasenpflastern angestellt.

Erscheinung war zu auffallend, um sie nicht näher zu prüfen. Die Wunde meiner linken Schulter war noch mit ungefärbter Feuchtigkeit gefüllt. Herr von Schallern, der die Mühe übernahm, auf meinem Rücken zu experimentiren, fing das Galvanisiren auch hier an. In vier Minuten waren heftiger Schmerz, Entzündung, Röthe und Striemen ebenfalls vorhanden \*). Ich sah, so sorgfältig ich auch alles abwischen liefs, mehrere Stunden lang, wie ein Gassenläufer aus.

Unter allem, was ich (bei meinem kurzen Aufenthalt in Pavia) Herrn Scarpa von meinen und meines Bruders galvanischen Versuchen erzählte, war dem grossen Physiologen nichts so auffallend, als diese Umwandlung der herbeigelocten lymphatisch-ferösen Feuchtigkeit. Wo ist ein Stimulus, sagte er, der in wenigen Augenblicken die Natur der Gefässe so abändert, der sie stimmt, Säfte zu bereiten, welche bei der ersten Berührung des Oberhäutchens sogleich Entzündung erregen und ihren Weg durch Stunden lang anhaltende Röthe bezeichnen? Sollte nicht Idiosynkrasie der Gefässe, krankhafte Schärfe der Säfte, dies wunderfame Phänomen veranlasst haben? Wurde die Röthe auch wirklich erst durch die Anwendung des Metallreizes hervorgebracht? So wenig ich mir auch bei meinem obigen

\*) Herr von Madai, ein junger Mann, der leider! den Wissenschaften so früh entrissen wurde, hat diese Versuche in seiner Abhandl. über die Reize schön benutzt; S. Reil's Archiv d. Physiologie B. 1. H. 3. S. 90. Vergl. Hebenstreit *Diff. de turgore vitali*, Lips. 95. § 4. p. 14.

Verfahren die Möglichkeit einer Täuschung denken konnte, so versprach ich doch Herrn Scarpa, der geringen Unbequemlichkeit nicht zu achten und gleich nach meiner Rückkunft nach Deutschland das Experiment an mir selbst zu wiederholen. Ich habe mich dieses Versprechens erinnert und es im Herbst 1795. erfüllt. Ich liess mir wieder zwei Blasenpflaster auf den *Musculus cucullaris* der rechten und linken Schulter legen, — Ich ziehe diesen Ort aus vielfachen Gründen den Armwunden vor. Die Schulter- und Rückenmuskeln bieten eine grosse, ebene und bequeme Fläche dar, auf welcher man die Metalle sicher appliciren, (und wenn der Körper wagrecht liegt) Stunden lang, wie auf einem Tische, ruhig experimentiren kann. Dazu ist es sehr gut, dass die leidende Person dem Galvanisiren nicht selbst zusieht. Annäherung der Metalle, Vorrichtungen zum Versuche spannen die Phantasie, setzen innere Reize in Thätigkeit, welche das Urtheil über die Wirkung äusserer Reize unsicher machen.—

Beide Blasen wurden aufgeschnitten, und die abgeforderte Feuchtigkeit aufmerksam untersucht. Sie war ungefärbt bis das Galvanisiren anfieng. Nun erfolgte die Umänderung genau, wie bei dem ersten Experiment im Frühjahr 1795. Wo die Lymphe gegen die Bauchhöhle herab lief und von den Falten des Muskelfleisches aufgehalten wurde, ward die entzündete Stelle zollgross. Drückte man sie mit dem Finger, so traten die Blutkügelchen auf einige Secunden zurück und die Röthe verschwand. Ich konnte den Finger in die Feuchtigkeit

tauchen und mir Figuren, oder Namenszüge auf der Oberhaut mahlen, die (trotz des Abwaschens) Stunden lang blutroth gefärbt blieben. Ich versuchte, die entzündeten Streifen mit kaltem Wasser zu waschen. Sie nahmen aber unter unseren Augen an Intensität der Farbe und Grösse (bis 2 Quadrat-zoll) so unaufhaltsam zu, daß die Erscheinung dem Arzte und mir selbst bedenklich wurde, und wir den Rücken (sogleich ohne grossen Erfolg) mit lauwarmer Milch bestrichen. So wirksam übrigens dieser Saft war, so war die entzündliche Röthe, die er erregte, doch völlig schmerzlos.

Man muß ihn daher nicht mit dem verwechseln, welcher beim Hüftweh (wenn man es nach Cuttoni's Methode behandelt) bisweilen die Cantharidenblase durchsrist \*), und wo er die Haut berührt, sie unter empfindlichem Brennen wund macht.

Wie wunderfam zeigt sich nicht bei diesem Versuche der Bau der thierischen Materie! Ein feiner Stoff \*\*), den Organen mitgetheilt, oder aus ihnen abgefondert, ändert in wenigen Augenblicken ihre Natur ab und nun quellen Flüssigkeiten hervor, welche in ihren Elementen anders gemischt, oder geformt sind, als sie es vor der Reizung waren. Jeder Stimulus ändert die eigentliche Thätigkeit (Energie) der Gefäße ab. Das gereizte Organ ruft Erscheinun-

\*) Vogel's Handbuch der praktischen Arznei-wissenschaft. 2te Ausgabe T. 2. S. 217.

\*\*) Vergl. Reil's Archiv der Physiologie B. 1. H. 1. S. 94. und 118. besonders aber Cullen's *Lectures on the Materia medica* ed. 2. p. 6.

gen hervor, welche nach Verschiedenheit des Irritaments verschieden sind. In dem dädalischen Geflechte erregbarer Fasern zieht eine Veränderung die andere nach sich, und auf diesem Wege lernen wir wenigstens die Möglichkeit einsehen, wie der einzelne Hauch eines Pestkranken (das unwiegbare Atom eines gasförmigen Stoffes!) plötzliche Zerrüttung einer ganzen thierischen Maschine hervorbringen kann. Herr Blumenbach \*) hat das unverkennbare Verdienst, durch seine Lehre von der *vita propria* der Gefäße ein großes Licht über diese Materie verbreitet zu haben. —

Da ich den Galvanischen Reiz an dem *Alveolus* eines ausgezogenen Zahnes, mehrern Handwunden und vier Blasenpflastern an mir selbst versuchte, da diese Experimente bisweilen  $\frac{1}{2}$  Stunden lang fortgesetzt wurden, so bin ich vielleicht mehr, als irgend einer, im Stande die Empfindung zu schildern, welche diese Art der Reizung in entblößten Theilen hervorlocket. Schmerzhaft ist sie allerdings zu nennen und um so schmerzhafter, je erregbarer der Theil ist, welcher galvanisirt wird. Ich habe mehr, als einmal, die Bestätigung des Satzes, daß die GröÙe

\*) S. dessen neueste Schrift *De vi vitali sanguini neganda vita autem propria solidis quibusdam corporis humani partibus adferenda* 95. In der Stelle gegen Gautier wird die Idee der *specific irritability* dem D. Blanc zu geschrieben. Mir scheint sie aber schon von Cullen deutlich entwickelt, S. *Lectures on the Materia medica* ed. 2. p. 198. Auch die Schrift des D. Mudgē (*A radical and expeditious cure for a catarrhus cough*) welche ich mir noch nicht habe verschaffen können, muß manches über die spezifische Reizbarkeit enthalten.

der Reizung  $x$  gleich ist dem Product aus dem Stimulus  $y$ , und der Reizempfindlichkeit der Theile  $z$  (oder  $x = yz$ ) recht eigentlich empfunden. Liefs ich meine Rückenwunden mit oxygenirter Kochsalzsäure, oder Oleum tartari per deliquium benetzen; so glaubte ich von Gold und Zink (den wirksamsten Excitatoren) gereizt zu werden, wenn der Arzt mich nur durch zwei verschiedene legirte Goldstücke galvanisirt hatte. Da  $y$  und  $z$  veränderliche Gröfsen sind; so mus  $x$  sich gleich bleiben, wenn der eine Factor um so viel abnimmt, als der andere verstärkt wird.

Die Empfindung, welche der Metallreiz erregt, hat für mich auch nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit der des elektrischen Ausströmens. Es ist ein Schmerz sui generis, der nicht das knirschend-stechende, abgesetzte, durchdringende hat, was das elektrische Fluidum erwecket. Ich unterscheide darin heftiges Pochen, einen ordentlichen Druck mit anhaltendem Brennen verbunden. Diefs Brennen ist ungleich empfindlicher, wenn die Wunde mit einer Silberplatte armirt und von einer Zinkstange in wenigen Berührungspuncten gereizt wird, als wenn eine Zinkplatte auf der Wunde liegt, und man die silberne Pincette zur Verbindung braucht. Der Druck ist oft so heftig, das ich mit der geballten Faust auf die Schulter geschlagen zu werden glaubte, wenn alle Umstehenden versicherten, das man mich kaum mit den äussersten Rändern der Metalle leise berühre. So wie matte Froschschenkel oft beim Anfange des Galvanisirens, gar nicht, und nach drei- oder viermaligem Contact der Excitatoren lebhaft

zucken, so habe ich ebenfalls deutlich an mir selbst bemerkt, daß die ersten Schläge nur dunkel empfunden werden, die folgenden vier bis sechs aber lebhaft afficiren. Sollte der Stimulus selbst die Erregbarkeit der Organe erhöhen, so daß bei dem vierten Schläge zwar *y* sich gleich bleibt, aber *z* zugenommen hat? Oder verändert sich die Erregbarkeit nicht, und häuft sich dagegen *y* oder der reizende Stoff in den Muskelfibern an? Ich halte, bei der leichten Verflüchtigung so feiner Reizmittel, den erstern Fall für wahrscheinlicher.

Bis zur Abstumpfung meiner gereizten Nerven, durch fortgesetzte Stimulation, habe ich es nie bringen können. Wenn das Galvanisiren auch über  $\frac{1}{2}$  Stunden lang wiederholt wurde, so blieb der Schmerz doch immer noch im Zunehmen. Noch am dritten Tage war die Wunde entzündet, und ich spürte deutlich den Unterschied zwischen der mehr gereizten linken Schulter und der rechten. Während des Contacts der Metalle waren alle Hals- und Schulter-Muskeln in sichtbaren wellenförmigen Bewegungen. Der Cucullaris schwellte mächtig auf, so daß sich seine Contractionen aufwärts bis ans Hinterhauptbein und die Stachelfortsätze des Rückenwirbelbeins fortpflanzten. Ja das Haar selbst sträubte sich am Nacken.

Diese Reizung oberhalb der galvanisirten Nerven (d. h. zwischen dem Punkte ihrer Armirung und ihrem Ursprunge aus dem Hirne) ist überaus auffallend. Denn man nimmt allgemein an, daß das galvanische Fluidum nur nach unten (vom Hirne ab-

wärts gegen die Extremitäten zu) wirke. Doch hat Herr P f a f f \*) selbst an einem Frosche eine Beobachtung angestellt, die der meinigen analog ist.

Wenn das eine Metall die Canthariden-Wunde, das andere die unverletzte Oberhaut traf, so wurde — da die trockene Oberhaut der Thiere nicht leitet — weder Muskelbewegung noch schmerzhaftes Gefühl erwecket. Beide traten aber sogleich ein, als heterogene Metalle beide Wunden armirten und ein Eisendrath sie verband. Die Oberhaut bildete nun gleichsam eine 7—8 Zoll breite Brücke, unter welcher durch das Malpighische Netz die Zuleitung geschah. Eben so zuckten Froschschenkel auf meinem Rücken, wenn (F. 68.) Zink *m* auf der einen Wunde *u*, der Cruralnerv *n* auf der andern lag und ein silberner Conductor den Zink und die entblößte Haut nahe an *n* (doch ohne *n* selbst zu berühren) reizte. Dieser Fall ist dem F. 51. analog, nur war hier das leitende Medium ein belebter Stoff. Wenn die Metalle sich nicht unmittelbar berührten und ein Stückchen Muskelfleisch sie trennte, also in der Formel Nerv. P. H. p. so entstand weder Muskelbewegung, noch Schmerz. Beide traten ein, als die Wunde mit der alkalischen Auflösung benetzt und also die Reizbarkeit erhöht wurde. Auch der Hauchversuch Nerv. P. H. p. P. gelang vollkommen und die Contractionen des Cucullaris verschwanden augenblicklich, als (in Nerv. P. H. p. H. P.) beide Flächen des heterogenen Zwischenmetalls, *p*,

\*) a. a. O. S. 149.



mit verdampfenden Stoffen belegt waren. Des Versuchs mit dem Eisendrathe, der mit meinen beiden Rückenwunden in Verbindung stand und mehreren Personen zugleich Lichterscheinungen und säuerlichen Geschmack auf der Zunge erregte, habe ich bereits oben im siebenten Abschnitte umständlich erwähnt.

Je mehr und je wichtigere Nerven von dem galvanischen Fluidum durchströmt werden, desto auffallender sind die Wirkungen der Reizung. Herr Achar d, welcher mit einem besonderen Scharffsinne im Erfinden von Experimenten begabt ist, hat zuerst am Menschen die Mundhöhle und den After mittels Zink und Silber verbunden und Schmerzen im Unterleibe, zunehmende Thätigkeit des Magens und Veränderung der Excremente erfolgen sehen. Allerdings hatte man so wichtige Folgen zu erwarten, da durch diese Application der Excitatoren der zweite Hauptast des fünften Paares, (*Maxillaris superior*) und der aus diesem, wie aus dem *Glossopharyngeus*, entstehende, grofse sympathische Nerv gleichzeitig gereizt wird.

Wem ist aber unbekannt, dafs das Beckenstück des letzteren Nerven kleine Faden \*) zum Mastdarm sendet, so wie das *Cöliacische* Nervengeflechte den grofsen und kleinen Magenbogen umschlingt?

Eben diese Betrachtung, dafs bei obigem Experimente die Mitleidenschaft aller Rumpfnerven erregt

\*) Vergl. Walters Meisterwerk: *Tabulae nervorum thoracis* 83. Tab. I. Fig. I. 365. f. 2. 67. 69. 70.

wird, brachte mich auf die Idee, ob bei kleinen reizbaren Thieren nicht eine so heftige Art der Stimulation zur Wiedererweckung vom Scheintode genützt werden könnte. Ich wählte Vögel zu dem Versuche aus, weil ich die Reizempfänglichkeit derselben für das galvanische Fluidum (welche ihrer Blutwärme proportional ist) aus Erfahrung kannte. Ich wartete bei einem sterbenden Hänfling die letzten sichtbaren Athemzüge ab.

Die Augen waren schon geschlossen, das Thierchen lag auf dem Rücken und mechanisches Prickeln mit einer Nadel am After brachte keine Spur einer Bewegung hervor. Ich eilte nun, ihm ein Zinkplättchen zwischen den Schnabel und Silber in den After zu stecken. Beide Metalle verband eine eiserne Kette und wie groß war mein Erstaunen, als der Hänfling im Moment des Contacts, die Augen öffnete, sich aufrichtete und mit den Flügeln schlug! Er athmete nun wieder 6—8 Minuten ungehindert, bis er von neuem umfiel und ruhig starb.

An zwei Canarienvögeln ist mir ein ähnlicher Versuch gelungen und ich zweifle nicht, daß derselbe ein Mittel an die Hand giebt, Stubenvögel, welche ins Wasser gefallen und scheinbar todt sind, bleibend ins Leben zurück zu rufen. Die Methode ist gefahrlos, da keine künstliche Entblösung der Nerven dabei vorgeht; und wie sehnlichst wünscht man nicht oft die Wiederbelebung eines solchen Thierchens! Durch solche Entdeckungen kann die Physiologie einen Theil der großen Schuld abtragen, welche die thierische Schöpfung

wegen so vieler (oft unnützer) Metzeleien an sie zu fordern hat!

Petit \*) bemerkte schon ~~am~~ Anfang dieses Jahrhunderts, daß bei Durchschneidung der sympathischen Nerven am Halse das Lichtloch verengt und das Auge getrübt wurde. Herr Arnemann hat diese Beobachtung bestätigt, und die Verbindung des vom Vidianus abstammenden tiefen Fadens mit dem Aste des sechsten Hirnnerven, so wie die Entstehung des sympathischen Nerven aus beiden, erklärt diese Erscheinung sehr faßlich. Auffallend war mir aber die Erfahrung, die ich mehrmals an mir selbst angestellt, daß bei dem Achard'schen Versuche, wenn man das Silber etwas tief in den After hinauf schiebt, sich helle Blize vor beiden Augen zeigen. Ja! ich muß gestehen, daß keine andere Application der Metalle mir je dieses Licht in solcher Lebhaftigkeit gezeigt hat. Wer hätte wohl geahndet, daß man von dieser Seite her durch ein ganzes Labyrinth von anastomosirenden Nervenfasern die menschlichen Gesichtorgane reizen könne! Auch zeigte sich hier abermals der seltene Fall einer galvanischen Wirkung gegen das Hirn zu. Die an dem Sehnerven anliegenden Ciliarnerven, auf deren Zusammenhang mit dem N. opticus, N. facialis, N. facialis superficialis inferior, Palatinus, Vidianus \*\*) und Sympathicus es hier

\*) *Memoires de l'Acad. des Sciences à Paris* 1727. p. 137.

\*\*) Der Gaumnerv vereinigt sich nemlich mit den *N. facialis super. posterioribus Nervi Vidiani*. Sommering's Hirnlehre §. 230. S. 202.

ankommt, liegen ganz ausserhalb der Kette, welche die Metalle vom After zur Zunge bilden.

Wenn man einem lebendigen unverletzten Frosche mit einem seidenen Faden die Hinterschenkel zusammen bindet und ihn mit dem Steifs auf Zink setzt, so kann man ihn mit Zink im After reizen, ohne dafs er sich merklich bewegt. Kaum aber berührt man ihn mit Silber, so sprengt er die Fäden und thut einen oft acht Zoll weiten Satz. Nichts übertrifft die Wirksamkeit eines solchen galvanischen Zinkklavements! Wenn man ein bequemes Mittel fände, eine grofse Fläche des Mastdarms beim Menschen zu armiren, so würde dasselbe unstreitig bei Ertrunkenen, den Tobaksklystiren weit vorzuziehen seyn! Die Versuche, welche die Herren Gentili, Creve und Starck an amputirten menschlichen Extremitäten angestellt haben, sind bereits in Pfaff's Schrift \*) gesammelt. Aber merkwürdiger, als alle diese scheint mir folgende Beobachtung des Herrn D. Grapengieffer, welche ein grofses Licht über die Reizung unwillkührlicher Muskeln verbreitet. Dieser vortrefliche Mann, dem ich die frohesten und lehrreichsten Stunden der Unterhaltung verdanke und von dessen eifrigem Studium der Natur die Physiologie und Pathologie viel zu erwarten hat, ist gegenwärtig auf einer Reise nach Italien, Frankreich und England begriffen. Bei seinem Aufenthalte in Berlin hatte ich das Vergnügen, ihn mit meinen neuen Versuchen über den Wechsel der Erregbarkeit in

\*) a. a. O. S. 112. und Herrn Creve's neues lehrreiches Werk: Vom Metallreize 1796. S. 77 — 83.

thierischen Organen, genau bekannt zu machen. Er versprach auf dem Wege, welcher ihm viel versprechend schien, selbst fortzuarbeiten; und wie sehr er Wort gehalten, wird folgender Auszug eines Briefs an mich beweisen: „Unter den vielen medicinischen „Merkwürdigkeiten zu Dresden, giebt es im Militärhospital einen Kranken, der besondere Aufmerksamkeit verdient. Dieser Unglückliche hatte seit „vielen Jahren einen grossen Hodensackbruch. Zufällig klemmte sich derselbe ein; man behandelte „ihn mit erweichenden Umschlägen und es entstand „unter starker Eiterung im Grunde des Bruchfacks „ein Loch, aus welchem jetzt ein Theil der dicken „Gedärme, nemlich das Coecum und Colon „transversum und ein Stück des Flexus iliacus heraus hängt. Die Lage ist dazu noch umgewandt, so dass die äussere Oberfläche der Eingeweide die innere geworden ist. Wenn der Mann „sitzt, so hängen Colon und dünner Darm bis auf „die Knie herab und auf jeder Seite zeigt sich eine „Oefnung. Aus der einen kommt das Lavement „heraus, wenn er eines erhält, aus der andern der „Koth oder die unverdauten Speisen. Ohne Zeichnung ist es schwer, sich einen deutlichen Begriff von „diesem wunderbaren Situs zu machen. Zwischen „dem Colon und dem dünnen Darne ist ein dicker „derber Ring zu sehen, welcher beide Theile genau „trennt und das ganze Convolut stark zusammen „schnürt. Wahrscheinlich ist dies die valvula „coli, welche durch das Umkehren aller Eingeweide (da ihr innerer Rand auch nach aussen kam) sehr

„sehr ausgedehnt worden ist, und ihre Bildung in so  
 „vielen (sieben) Jahren verlohren hat. Ich nahm  
 „mir sogleich vor, die Wirkung des Galvanismus  
 „an diesen Theilen zu versuchen. Der Kranke war  
 „sehr bereitwillig dazu und die Experimente, welche  
 „du so häufig an dir selbst angestellet hast, ließen  
 „mich keine Art der Gefahr fürchten. Ich armirte  
 „den einen Theil der Därme mit Silber und den an-  
 „dern mit Zink. Kaum waren beide Metalle im Con-  
 „tact, so wurde der motus peristalticus heftig  
 „vermehrt. Mechanische Reizung brachte sehr lang-  
 „same und nur bei großer Anstrengung sichtbare  
 „Bewegungen hervor. Bei Anwendung des Metall-  
 „reizes hingegen folgten die Undulationen sehr  
 „schnell und lebhaft auf einander. Der Kranke klagte  
 „an der berührten Stelle über ein sonderbares Bren-  
 „nen. So wie bei deinen Rückenwunden die Secre-  
 „tion der lymphatisch serösen Feuchtigkeit vermehrt  
 „wurde, so schien auch hier die Thätigkeit der  
 „Schleimdrüsen und der aushauchenden Arterien  
 „durch das Galvanisiren vermehrt zu seyn. Die Ab-  
 „sonderung des Darmesafts geschah in wenigen Au-  
 „genblicken so heftig, daß große Tropfen davon an  
 „beiden Metallen herab liefen. Deiner neuesten Ver-  
 „suche über die Nervenwirkungen der Alkalien ein-  
 „gedenk, bestrich ich die Oberfläche des dünnen  
 „Darms mit Oleum tartari per deliquium,  
 „und zu meinem Erstaunen war nun, bei einerlei  
 „Armatur, die wurmformige Bewegung wohl sechs-  
 „fach verstärkt. Selbst das Brennen fühlte der Kranke  
 „lebhafter, eine Erscheinung, die allein der erhöh-

„ten Reizempfindlichkeit zuzuschreiben ist. Denn  
 „die Empfindung, welche die alkalische Solution  
 „ohne Metallreiz für sich erregte, war äußerst schwach  
 „und vorüber gehend. Da du die Unthätigkeit, oder  
 „Erschlaffung des Magenmuskels größtentheils von  
 „der deprimirenden Wirkung der Säure auf die Ma-  
 „gennerven herleitest, so hätte ich gern auch Ver-  
 „suche mit Säuren und andern unschädlichen Sub-  
 „stanzen angestellt. Aber ich durfte die Gutmüthig-  
 „keit des unglücklichen Mannes nicht länger mis-  
 „brauchen.“

Diese Erfahrungen, welche wir allein dem Beobachtungsgeiste des Herrn Grapengieffer verdanken, sind in mehr, als einer Hinsicht überaus merkwürdig und lehrreich. Nie hat ein Physiologe daran gezweifelt, daß die wurmförmige Bewegung der Därme unwillkürlich sey und dennoch sehen wir dieselbe ganz dem Metallreiz unterworfen. Wie irrig sind also die Behauptungen der Lombardischen Physiker, daß nur der Willkühr unterworfenen Muskeln Erscheinungen des Galvanismus darstellen können! \*) Ferner lehrt jener Versuch unwidersprechlich, daß der motus peristalticus der Därme alleinige Folge der Nervenreizung ist. Schon im Anfange des sechsten Abschnitts habe ich gezeigt, daß der galvanische Stimulus nur durch Armatur der sensiblen Fiber wirkt und, wo der Metallreiz Veränderungen in der thierischen Ma-

\*) Auch bei dem *Helix pomatia* war es mir schon früher geglückt, den Darmkanal wirksam zu galvanisiren. Vergl. auch Pfaff a. a. O. S. 181.

terie hervor bringt, bin ich daher berechtigt, dieselbe für eine nahe, oder entferntere Wirkung gereizter Nerven zu halten. Ich hebe diesen Satz um so ausdrücklicher aus, weil der große Haller seine Lehre von der eigenthümlichen (von der sensiblen Fiber unabhängigen) Muskelreizbarkeit hauptsächlich auf die wurmförmige Bewegung des dünnen und dicken Darms stützt. Warum will man über den schönen Bau der vier Darmhäute und ihre Faserschichten, das ansehnliche Netz der bis in die Zellstoffhaut zu verfolgenden (von den Coeliacischen Knoten und dem plexu mesenterico superiori abstammenden) zahlreichen Nerven aus dem Auge verlieren? Wie viele Nervenfasern läßt uns die Analogie nicht auf den Blutgefäßen und in den gedoppelten Häuten der tiefen Saugadern \*) der flockigen innersten Darmhaut vermuthen? Unausführbar ist es daher, wie es Haller fordert, den Darmkanal, *remotis nervis* zu reizen \*\*); jedes mechanische Stechen in die Muskelschicht eines Eingeweides trifft wahrscheinlich einen Nerven selbst, oder seinen sensiblen Wirkungskreis. Fibröse Bewegung ist das gemeinsame Resultat der Nerven und Muskelfaser, und die Frage: welcher von beiden sie ausschließlic, oder hauptsächlich zukommt, ist der gleich: ob eine Saugpumpe eher des Stempels als des Ventils entbehren könne? Diese Behauptung wird noch da-

\*) Vergl. Sömmering's Eingeweidelehre 96. S. 314. und Hirnlehre §. 192.

\*\*) Grundriss der Physiologie 88. S. 305. Vergl. auch Mayer's Beschreib. des menschl. Körpers B. 3. S. 44.



durch bestätigt, daß dieselben chemischen Stoffe, welche die Thätigkeit der Eingeweide stimmen, gleiche Wirkung auf den Bewegungsmuskel äußern, wenn sie äußerlich mit den Bewegungsnerven in Berührung treten. Die Versuche aber, welche ich in dieser Rücksicht angestellt habe und welche einiges Licht auf die Verdauungsgeschäfte werfen, kann ich erst in einem folgenden Abschnitte umständlich entwickeln.

Wenn viele Physiologen mit Unrecht dem Darmkanale die Empfänglichkeit für den galvanischen Reiz absprechen, so fehlten sie noch mehr, indem sie diese Behauptung auf das Herz ausdehnten. Zu einer Zeit, wo das große Problem: ob ein so wichtiger unwillkürlicher Muskel eigene Nerven habe, oder ob diese nur den Gefäßen zugehören, lebhaft betritten ward, zu einer solchen Zeit war jener Irrthum nicht ohne Nachtheil für die Fortschritte der Physiologie. Herr Behrends \*) stützte sich in seiner vortrefflichen Abhandlung über die Herznerven hauptsächlich auf jene Unwirksamkeit des galvanischen Reizes, und die Schnelligkeit mit welcher sich seine Lehre verbreitete, zeugt für die Begierde des Publicums, die Unabhängigkeit der Reizbarkeit von der Sensibilität durch eine recht auffallende Thatfache bekräftigt zu sehen. Unserem Landsmanne, Herrn Schmuck, gebührt das Verdienst, die Erregbarkeit des Herzens für das galvanische Fluidum zuerst bemerkt zu haben. Er stellte seine Versuche schon im October 1792, also

\*) *Diff. qua demonstratur cor nervis carere. Mog. 1792.*

fünf Monate früher, als Fowler, an. Dagegen glückte es diesem zuerst, den Tact des Herzens zu verändern, wenn die Armatur nicht an dem Herzmuskel selbst, sondern bei warmblütigen Thieren bloß an dem Tarvagum (Stimmnerven) und Sympathicus anlagen. Die Herren Pfaff, Ludwig, Creve und Webster \*) bestätigten die Schmuckfche Entdeckung, indem sie ähnliche Versuche an Froschherzen anstellten. Da aber bei denselben die Muskelfasern immer unmittelbar von den Metallen berührt worden waren, so entstand aufs neue der Verdacht einer mechanischen Reizung, und eine so wichtige Thatfache schien allerdings einer neuen Unternehmung werth \*\*). Ich habe zu diesem Zwecke seit zwei Jahren mit meinem ältern Bruder eine Reihe von Versuchen angestellt, deren Resultate (so Geduldprüfend auch die Arbeit an sich war) sich doch in wenige Zeilen zusammen drängen läßt. Die berühmten Physiologen unter deren Augen wir oft experi-

\*) Pfaff S. 121. und in der philosophisch geordneten Abhandlung S. 181 — 198. Creve in *Klein de metallorum irritamento veram ad explorandam mortem* 1794. p. 14. (Gren's neues Journal der Physik 1795. B. 1. S. 59.) Ludwig *scriptor. neurolog. minores select. Tom. 4. p. 408. exp. 3.* Webster Thatfachen über Verbindung des Magens mit dem Leben 1796. S. 4. Creve in der neuen Schrift. S. 96.

\*\*) Auch Herrn Scarpa's Stillschweigen über den Einfluß des Galvanismus auf die Herznerven, mußte zu jener Untersuchung anreizen. Wie mich der große Mann mündlich versicherte, waren ihm bis zum Sommer 1795 alle galvanische Versuche mit dem Herzen mißlungen. — Fowler's Versuch mit dem Stimmnerven erklärt Valli für eine Lüge.

mentirten und welche alle Nebenumstände prüfen, sichern uns vor dem Verdachte der Selbsttäuschung.

Mein Bruder liefs hintereinander einen Fuchs und zwei Kaninchen schlachten. An allen dreien wurde das Herz schnell heraus genommen und ein Nervenfaden daran soweit präparirt, dafs man ihn ohne das Herz zu berühren, armiren konnte. Hätte der Zink den Nerven, und das Silber den Muskel gereizt, so hätte der Versuch nichts erwiesen, als dafs auch mechanische Berührung des Herzens Veränderungen der Pulfation hervorbringt.

Mein Bruder armirte daher blos die sensible Faser und bei jedem Contacte der Metalle wurde der Tact der Herzschläge sichtlich verändert. Sie nahmen an Schnelligkeit und vorzüglich an Stärke und Höhe zu. Da diese Zunahme jedesmal erst von dem Moment der Metallberührung am Nerven anhub, so folgt nach logischen Gesetzen daraus, dafs sie mit jenem Contact in Causalverbindung steht. Wollte man einwenden, dafs das Silber den Nerven und dadurch unmittelbar das Herz erschüttert habe und dafs jede Erschütterung im Grunde eine mechanische Reizung sey, so wird dieser Zweifel durch den Gegenversuch gehoben, dafs Berührung der Nerven mit Holz, oder mit einem einzelnen Metalle, keine Veränderung in der Pulfation hervor bringt. Bei allen drei Thieren war der Erfolg derselbe. Warum aber ist so vielen anderen Physikern dieser einfache Versuch mißlungen? Hierauf läfst sich antworten, dafs zu jeder Reizung eine bestimmte Reizempfindlichkeit der erregbaren Theile gehört, dafs es da-

her eben so sehr auf schnelle Präparirung der Theile, als auf die Nervenkraft des lebendigen Thieres selbst ankomme. Tausende von Fröschen werden nur bei kettenförmiger Verbindung der Metalle gereizt. Ist darum mein Versuch Fig. 9. weniger wahr? Aber auch noch andere Umstände, (wie mein Bruder sehr richtig in einem neueren Briefe an mich bemerkt) machen die Erscheinung verwickelter. Es ist unmöglich, ohne nicht jede Spur der Lebenskraft aus dem Organ entfernen zu lassen, den ganzen Plexus der Herznerven \*) zu armiren. Man ist froh, wenn man in der Schnelligkeit nur einen oder zwei Faden sauber heraus präparirt hat. Dazu sind diese Fäden so dünn und fein, daß sie dem Metalle eine unendlich kleine Fläche darbieten. Kein Wunder daher, wenn ein Stimulus bisweilen nicht wirkt, der unter so ungünstigen Verhältnissen angebracht wird?

An dem Herzen der Frösche, Eidexen und Kröten, mißlingen mir die galvanischen Versuche fast nie. Die beweisendste Methode, nach welcher ich sie anstelle, ist die, daß ich zwei, fünf bis sechs Linien lange Stücke Muskelfleisch, oder von einer andern leitenden Substanz (z. B. Morchel) nach zwei entgegengesetzten Richtungen an das Herz anlege. Diese beiden Stücke werden nun mit Zink und Silber armirt. Hatten die Pulsationen bereits vor 4—5 Minuten ganz aufgehört, so entstehen sie, bei dem jedesmali-

\*) Diejenigen Versuche, in denen nicht Herznerven, sondern Gehirn und Rückenmark armirt werden, wie in dem 2ten, 3ten, 5ten und 6ten Experiment des Herrn Behrens, scheinen ganz unentscheidend zu seyn.

gen Contact der Metalle, augenblicklich wieder und dauern oft 2 — 3 Minuten unaufhaltsam fort. Ist die Muskelkraft bereits mehr geschwächt, so erfolgt durch das Durchströmen des galvanischen Fluidums nur eine einzige Contraction. Experimentirt man an einem noch pulsirenden Herzen, so zähle man die Pulsationen in einer Minute. War ihre Anzahl z. B. 21, so werden in der folgenden Minute, wo das Herz galvanisirt wird, 38 oft 42, entstehen. Pulsirt das Herz so langsam, daß nur alle 25 Secunden ein Schlag erfolgt, so lasse man die Metalle sich den Augenblick nachher berühren, nachdem ein Schlag erfolgte. Man bemerkt dann unausbleiblich, daß 4 — 5 Pulsationen in 8 — 10 Secunden auf einander folgen. Was kann entscheidender seyn, als diese Versuche, in denen das Herz auf einer Glasplatte von allen Metallen entfernt bloß durch Zuleitung gereizt wird? Ja diese Erscheinungen sind denen an willkürlichen Muskeln so ganz analog, daß wie bei jenen, also auch beim Herzen, Contraktionen auf den Metallreiz erfolgen, wenn mechanischer Druck und Kneifen, oft schon gar keine Veränderung in dem Organe hervorbringen. Bei dem Herzen einer Ratte glückte es mir, die zuleitenden Muskelfstücke so zu verlängern, daß die Armaturen über zwei Zoll weit von denselben ablagen. Als es bereits ganz zu pulsiren aufgehört hatte, legte ich es mit einem ebenfalls ruhenden Froschherzen in Berührung und nun erweckte das galvanische Fluidum, indem es durch beide durchströmte, in beiden gleichzeitige Contraktionen. So wie Fischherzen nach meinen Versuchen

am Reizempfindlichsten für die oxygenirte Kochsalz-  
säure sind, so werden sie auch vom Metallreize am  
lebhaftesten afficirt. Ich hebe aus meinen Collecta-  
neen nur zwei Experimente heraus, welche ich mit  
meinem Freunde, Herrn Fischer, zu Leipzig an-  
stellte. Das Herz eines *Cyprinus Carpio*, war  
bereits so matt, daß wir in 4 Minuten nur einen Schlag  
zählten. Mechanische Berührung beschleunigte seine  
Pulsationen nicht. Ich galvanisirte es durch Zulei-  
tung (d. h. mittels angelegter Muskelfstücke) und von  
nun an folgten in der

1sten Minute	35	Schläge.
2ten	—	31 —
3ten	—	23 —
4ten	—	12 —
5ten	—	3 —

Eine abermalige Anwendung des Metallreizes  
vermehrte die Zahl der Pulsationen von 3 wieder bis  
25, und wir unterhielten die Bewegungen so über  
eine Viertelstunde lang. An dem Herzen des *Cy-  
prinus Tinca* waren die Resultate fast eben so auf-  
fallend. Auch gehorchen die Muskelfasern des Her-  
zens nicht bloß den wirksamsten Metallen, wie Zink  
und Silber, Zink und Gold. Ich beginne mich, im  
Frühling 1794 bei meinem Aufenthalte in Pohlen,  
Fische aus der Weichsel secirt zu haben, welche  
so erregbar waren, daß selbst Eisen und Silber, ja  
Kupfer und Blei die Pulsationen ihres Herzens im  
Tacte veränderte.

Nach so vielfachen Versuchen bleibt es also wohl  
keinem Zweifel unterworfen, daß der Me-

die Muskelfasern des Herzens ergießen? Wenn daher die zuleitenden Stücke Muskelfleisch die Fläche des Herzens berühren; so ist es höchst wahrscheinlich, daß sie mit einem Faden des Herzgeflechtes selbst in Contact stehen.

Gesetzt aber auch in der ganzen Muskelfubstanz des Herzens, sey nur ein einziger Nervenfaden und dieser liege fern von den zuleitenden Körpern oder (falls die Metalle das Herz unmittelbar armirten) fern von diesem ab, so muß, den vorhin entwickelten Gesetzen des Galvanismus gemäß, der Erfolg doch derselbe seyn, als er sich bei dem unmittelbaren Contacte jenes Nervenfadens zeigen würde. Die Muskelfasern sowohl als die Knorpelfäden (*textus cartilagineus*) des Herzens sind nicht bloß als feuchte Stoffe, sondern schon wegen ihrer eigenthümlichen chemischen Mischung leitende Substanzen. Der vorliegende Fall reducirt sich also bloß auf die oben erwähnten von mittelbarer Armirung. (Vergl. Fig. 51. und 68.). Auch die sensibeln Wirkungskreise mögen hiebei (wie bei dem Problem über die Empfindlichkeit aller Punkte der Oberhaut) eine wichtige Rolle spielen. Denn bei mehreren einfacherigen Fischherzen habe ich bemerkt, daß der

„Thiere, die reizbar sind, ohne Nerven zu haben, sind „entweder nicht genau genug untersucht, oder sie schei- „nen eine gewisse Nervenubstanz, welche aber nicht Ner- „venfaden bildet, sondern in die feinsten Theile des Kör- „pers verwebt ist, zu besitzen.“ Diese Vorstellungsart verdient gewiß die Aufmerksamkeit derer, welche sich mit Zootomie und *Physiologia comparata* beschäftigen.

**Metallreiz** heftiger wirkte, wenn die zuleitenden Substanzen an dem Ursprunge der großen Gefäße, als wenn sie an der Spitze des Herzens anlagen.

## Zehnter Abschnitt.

**Ursachen der galvanischen Erscheinungen.** — Zu welchen Erwartungen die Untersuchung derselben berechtigt. — Elektrische Flaschentheorie der Bologner Schule. — Valli. — Ob die erregbaren Organe sich bloß leidend, für einen äußern Reiz empfänglich verhalten. — Eigenthümliche elektrische Ladung der Metalle. — Volta's sinnreiche Theorie über das, durch die Berührung von drei Stoffen gestörte Gleichgewicht der Elektricität. — Erfahrungen, welche diese Theorie widerlegen. — Beweis, daß der Stimulus in den Organen selbst enthalten ist, weil diese für sich galvanische Erscheinungen äußern. — Stufenfolge der Bedingungen, unter denen sich der Metallreiz bei abnehmender Reizempfindlichkeit noch wirksam zeigt. — Des Verfassers Theorie von einem, in den Organen angehäuften Fluidum und dessen Verstärkung durch Hinderniß. — Versuch, alle Erklärungen auf construierbare Begriffe zu reduciren. — Die neue Theorie schließt die Mitwirkung anderer Ursachen, z. B. den Einfluß der eigenthümlichen Ladung der Metalle, ihrer Temperatur, die Zersetzung von Flüssigkeiten, nicht aus. — Ob die Annahme eines überströmenden Fluidums unbedingt nothwendig sey. — Rückblick auf den Zustand unsrer atomistischen Naturlehre. — Versuch, einer rein dynamischen Erklärung. — Wie die unphilosophische Annahme specifisch verschiedener Materien unschädlich und bei der jetzigen Lage der Wissenschaften fruchtbar wird. — Sind galvanisches und elektrisches Fluidum identisch? — Neue Versuche gegen die Identität. —



Ist das galvanische Fluidum eine Modification des elektrischen? — Zergliederung dieser Frage. — Uebersicht dessen, was wir von der chemischen Zusammensetzung der Elektricität wissen. — Es ist gar nicht erwiesen, daß die sogenannten elektrischen Fische elektrische Erscheinungen geben. — Verhältniß der magnetischen Kraft zu den sensiblen Organen. — Vielleicht verhalten sich galvanisches, elektrisches und magnetisches Fluidum, wie Blut, Milch und Pflanzenäfte gegen einander. — Welche Rolle die Feuchtigkeit, durch Verdampfung und Zersetzung, spielen kann. — Wirkung des Oxygens. — Zweifel gegen Herrn Creve's Erklärungen. — Besondere Wirkungen des Zinks. — Neue Versuche über die Wasserzeretzung bei Berührung heterogener Metalle. — Atmosphären der belebten Organe. — Muthmassungen darüber.

In den vorstehenden neun Abschnitten dieses physiologischen Werkes habe ich die Erscheinungen des Galvanismus in ihrem ganzen Umfange geschildert. Ich bin von den einfachern Bedingungen, unter denen sie eintreten, zu den zusammengesetzteren übergegangen. Ich habe mich bemüht, nicht bloß die inneren Verhältnisse der galvanischen Kette zu untersuchen, sondern auch die Wirkungen des Metallreizes auf die ganze organische (oder erregbare) Schöpfung zu betrachten. Wenn ich auch gleich dabei Gelegenheit fand, mannichfaltige chemische, zootomische und physiologische Bemerkungen einzustreuen, so habe ich mich dennoch sorgfältig gehütet, bis hierher eine Vermuthung über die Ursachen des Galvanismus und über die Rolle, welche bekannte Naturkräfte vielleicht dabei spielen, zu äußern. Ich habe mir vielmehr die

**Pflicht** aufgelegt, alle Thatfachen, welche sich unmittelbar auf den Metallreiz beziehen, so isolirt als möglich darzustellen, theils um zu zeigen, wie weit dieser neue Zweig unserer Erkenntniß bereits ausgebildet ist, theils um dem Urtheile des Lesers nicht durch erregbare Nebenideen vorzugreifen. Sollte daher dies Werk das Glück haben, (und welcher Experimentator schmeichelt sich nicht mit dieser Belohnung?) daß es auf eine künftige Generation überginge, so wird jene Zusammenstellung reiner Thatfachen auch dann noch einiges Interesse erwecken, wenn Physik und Chemie bereits eine ganz andere Gestalt angenommen haben.

Jetzt ist es Zeit, die großen Erscheinungen des Galvanismus in ihren Verhältnissen zu andern Naturkräften zu betrachten. Wenn der Geognost die einzelnen Richtungen der Gebirgsketten und Thäler, die Schichtungen des Gesteins und seine Bestandtheile mühsam erforscht hat, tritt er auf eine Anhöhe, um von da aus den Zusammenhang des Ganzen besser zu fassen und über seine Bildung nachzudenken. Eben so müssen auch wir uns jetzt auf einen höhern Standpunkt erheben, um so vielfache Erfahrungen unter einen Gesichtspunct zu fassen, und Einheit des Gesetzes zu suchen, wo alles sich dem Gesetze zu entziehen scheint. Da wir eine größere Masse von Thatfachen vor uns haben, als diejenigen achtungswerthen Männer, welche bisher über die Ursachen des Metallreizes speculirten, so dürfen wir zwar hoffen, auf einem sicherern Wege fortzuschreiten. Doch müssen wir nicht vergessen, daß die sogenannten Ge-

setze der empirischen Naturlehre auf einer Induction beruhen, von deren Vollständigkeit wir, da es an einem Criterium \*) derselben fehlt, nie apodiktisch überzeugt seyn können. Unsere Bemühungen mögen daher unsere Erfahrungserkenntniss auf noch so mannichfaltige Weise berichtigen und erweitern, so werden sie dennoch nie zu den unerschütterlichen Resultaten führen, welche nur in Erfahrungswissenschaften zu erwarten sind.

Bevor man sich an die Untersuchung eines Problems wagt, ist es nothwendig, das Problem selbst genau zu bestimmen. — Gesetze, wie sie der fünfte Abschnitt entwickelt, zählen die Bedingungen auf, unter denen eine Erscheinung erfolgt, oder nicht erfolgt. Sie sind allerdings die wichtigsten Grundpfeiler empirischer Wissenschaften, sie sind fast das einzige gewisse Ziel, wonach Chemie, Physik, oder Physiologie der organischen Stoffe hinstreben können, aber sie geben nicht das Verhältniss an, aus welchem die Möglichkeit der Erscheinung, d. i. ihr ursächlicher Zusammenhang erkannt werden kann. Wir verlangen nicht bloß zu wissen, ob galvanische Contractionen in Ketten von homogenen, oder heterogenen, von verdampfenden oder nicht verdampfenden Metallen eintreten, sondern wir wollen das Gemeinsame aller dieser Bedingungen heraus gehoben haben; wir wollen dargethan sehen, warum zwischen zwei homogenen Metallen ein heterogenes gleich unwirksam ist, es mag ganz trocken, oder auf  
bei,

\*) Newton's *Philosophiae naturalis principia lib. III.*

beiden Flächen benetzt seyn. Wir wollen also hier nicht auf Gesetze, sondern auf Ursachen der Erscheinungen geführt werden, die freilich ihrer Natur nach wieder Erscheinungen sind!

Diese Prüfung der Ursachen des Galvanismus, hat das Aehnliche mit allen Arbeiten der Art, daß sie mehr zur Bestreitung älterer Theorien, als zur Gründung einer neuen und sicheren hinleitet. Man werfe einen Blick auf die physikalischen Disciplinen, wie sie Hert Gehler in ihrem ganzen Umfange geschildert hat, und man erstaunt darüber, das Phänomen des Regenbogens, weil es auf construirbaren Begriffen beruht, allein vollständig erklärt zu sehen. Dennoch ist seit 2000 Jahren kein Versuch beschrieben worden, über den nicht zahlreiche Hypothesen aufgestellt sind; ja man hat selbst Erscheinungen erklärt, welche nie erfolgt und aus Muthwillen erdichtet wurden. Je inniger das Verkehrt ist, in welchem dieselben mit den Wirkungen des Organismus und der Lebenskraft selbst stehen, desto undurchdringlicher ist das Dunkel, in welches die Ursachen gehüllt sind, desto freier aber auch der Spielraum, welcher dem Erfindungstriebe der Phantasie geöffnet wird. Kein Wunder daher, wenn der erste Beobachter, welcher einen Froschschenkel durch Anlegung von Metallen zucken sah, sogleich eine Theorie entwarf, welche der zweite Versuch widerlegte!

Das galvanische Phänomen ist ein Phänomen der Reizung. Gewisse Stoffe, in kettenförmige, oder anderweitige Verbindung mit erregbaren Organen ge-

bracht, veranlassen diese, aus dem Zustande der Ruhe in den der Thätigkeit überzugehen. Sie veranlassen die Muskelfaser sich zu verkürzen, die Nerven des Gesichts und Geschmacks, die ihnen eigenthümlichen Empfindungen hervor zu bringen; sie veranlassen die Gefäße Säfte von verschiedenartiger Mischung zu bereiten und abzufondern. Wo ist der Reiz, Irritamentum, der alle diese Veränderungen hervorruft? Wird ein fremder reizender Stoff von aussen her den Organen beigemischt? Wird aus ihnen selbst einer ihrer Bestandtheile abgeleitet und dadurch ihr Mischungszustand modificiret? Oder bleibt ihre chemische Verbindung dieselbe, und geht eine Veränderung der Form, und relativen Lage, durch mechanische Schwingung und Erschütterung vor? Spielt eine uns schon bekannte Naturkraft, das elektrische, oder magnetische Fluidum, der Lichtstoff, das Oxygen, das Azote, oder der Wärmestoff, oder mehrere derselben zugleich, oder einige durch den Einfluss der Lebenskraft anders modificirte (verlarvte) Naturkräfte eine Rolle dabey? Diese und zahllose andere Fragen drängen sich dem Beobachter galvanischer Erscheinungen auf. Je unerkannter und räthselhafter die Ursachen derselben sind, desto grösser ist der Reiz, mit welchem sie unsere Aufmerksamkeit auf sich ziehen und unsere Erwartungen spannen.

Fast zwei Jahrzehende früher, als der grosse Physiologe zu Bologna die ersten Spuren des Metallreizes an seinem Gartengeländer beobachtete, hatte ein Mann, den Deutschland unter seine vortrefflichsten Mathematiker zählt, gleichsam die Entdeckun-

gen geweiſſaget, welche gegenwärtig die Naturforſcher der beiden Hemisphären \*) beſchäftigen. Die mannigfaltigen Aeufserungen natürlicher Elektricität, welche man an den thieriſchen Körpern beobachtet, leiteten Herrn Klügel \*\*) auf die Idee, daſs in den Nerven und Muskelfaſern wohl entgegen geſetzte Elektricitäten angehäuſt ſeyn möchten und daſs durch Verbindungen derſelben die Muskelbewegung hervor gebracht werden möchte. Eben dieſen Begriff der Entladung abſtrahirte Galvani aus ſeinen erſten Nervenverſuchen. Sein Scharfblick lieſs ihn allerdings gleich ſehen, daſs wenn die Contractionen von einem durch ungleiche Vertheilung reizenden Fluidum abhängen, dieſs Fluidum in den erregbaren Organen ſelbſt angehäuſt ſeyn muſs. Aber der Entdecker war zu voreilig in Beſtimmung jener örtlichen Vertheilung. Er griff ſchnell zu der Analogie der Kleiſtiſchen Flaſche, wies der äußern Seite der Muskelfläche und den Nervenſcheiden negative, der inneren und der Medullarſubſtanz der Nerven poſi-

\*) Wirklich ſind zu Calcutta galvaniſche Verſuche an bengaliſchen Amphibien angeſtellt worden. Da einige Thiere der heißen Zone eine ſo ungeheure Muskel- und Nervenkraft beſitzen, ſo läſt ſich von jenem Unternehmen manches Nützliche erwarten. Wird z. B. bei der Muskelbewegung ein eigenes Fluidum abgeſondert, ſo iſt dieſelbe bei jenen Thieren unſtreitig leichter, als bei ſchwächern wahrzunehmen. Ich erinnere nur an den Verſuch des Herrn Kühn mit der Batterie von 20 Fröſchen, deſſen ich im erſten Abſchnitt erwähnt habe.

\*\*) Gren's Journal der Phyſik H. 18. S. 408. Klügel's Encyclop. Th. I. S. 482. Ingenhouſs Vermifchte Schriften B. I. S. 29.

tive Elektrizität an, und betrachtete die Muskelfasern als an einander gereihte Leidner Flaschen.

Einem Genie, dem seine Zeitgenossen eine so große Entdeckung verdanken, verzeiht man gerne ein solches theoretisches Luftgebäude. Ist der Weg zu einer Hypothese einmal gebahnt, so ist es bequem und anlockend auf demselben fortzuwandeln. Man ebnet ihn, nennt ihn den einzig geraden und richtigen, setzt Straf- und Warntafeln für die, welche ihn verlassen wollen, und entgeht durch allmähliche Krümmungen den Hindernissen, die ihn abzuschneiden scheinen — So beruhigte man sich bis zu Galilaei's Zeiten bei dem Abscheu vor der Leere; so beruhigte man sich bis Herr Volta auftrat, mit der galvanischen Flaschentheorie. Kaum hatte dieser aber eine neue Bahn empfohlen, so boten die Bologner Physiker ihren ganzen Scharf sinn auf, um der ihrigen den Vorzug zu erhalten. Herr Aldini stellte eine lange Reihe der feinsten Versuche an, um die Analogie zwischen dem geladenen Muskel und der geladenen Flasche zu beweisen \*). Schade nur, daß man, wie bei ähnlichen Versuchen so oft der Fall ist, bei den verwickelten Bedingungen stehen bleibt, statt die einfachen Grundpfeiler der neuen Theorie zu untersuchen.

Ich werde mich nicht dabei aufhalten, die Meinungen der Bologner Schule aufs neue zu entwickeln. Herr Pfaff hat dies schon längst mit der ihm eignen Klarheit gethan und der Entwicklung eine

\*) *De animalis electricitate Diff. II. 1794. p. 35—40.*

gründliche Widerlegung beigelegt \*). Auch befreiten schon die ältesten bekannten Versuche jene Flaschentheorie vollkommen. Gedenkt man aber der neuern, welche ich ange stellt, z. B. der Fig. 9 — 12. so wird der Widerspruch noch auffallender. Ein Nerv mit seiner Scheide versehen, ruht auf einer Armatur von Zink; unter dem Theil des Nerven, wo die Trennung geschehen ist und die Medullarsubstanz heraus quillt, liegt isolirendes Glas, so daß der Zink schlechterdings nur die eine äußere Fläche der sensiblen Fiber berührt. Ein anderes homogenes, oder heterogenes Metall *N.* tritt mit jener Armatur *M.* irgendwo, sey es auch 8 Zoll weit vom Crural-Nerven ab, in Contact, so zucket der Schenkel, ohne daß *N.* sich auch nur von ferne dem Nerven, oder Muskel genähert hätte. Wo ist bei diesem einfachen Falle eine Zuleitung von der äußeren und inneren Fläche? Wurde die Flasche nicht entladen, indem der Crural-Nerv auf die Armatur *M.* gelegt ward? Wie wirkte das Metall *N.* auf die Entladung? In meinem Versuche Fig. 51. ist der Nerve mittelbar (durch Zuleitung) armirt. Die Contraction tritt ein, wenn bloß der zuführende Stoff, nicht aber das erregbare Organ berührt wird. Wie kann die galvanische Hypothese diese Erscheinung enträthseln! Strömt aus der äußern und innern Fläche der Nerven  $+ E$  und  $- E$  in den leitenden Stoff *S* über, so muß ja dort schon

\*) a. a. O. S. 329—339. Vergl. auch Volta's zweiten Brief an Herrn Vassali, der den genialischen Mann lebhaft charakterisirt. Gehler's Wörterbuch B. V. S. 290.



von selbst die Entladung geschehen? Wie kann also der silberne Bogen  $p$  als Entlader wirken, da er die Organe selbst nirgends berührt?

Die Idee, daß Muskeln und Nerven gleichsam Leidner Flaschen vorstellen, schien durch **Hunters** merkwürdige Zergliederung \*) des Zitteraals aus Cayenne begünstigt und Aerzte von Ansehen, wie **Beddoes** und **Darwin** \*\*) führten sie weiter aus. Der letztere suchte die Verkürzung einer Muskelfaser sogar durch einen analogen elektrischen Versuch zu erläutern. „Zwanzig sehr kleine Leidner Flaschen hängen in einer Reihe an feinen seidenen Fäden in einer kleinen Entfernung von einander. Die innere Ladung der einen Flasche sey positiv und die andere negativ, wechselsweise. Wenn nun eine Communication gemacht wird von der innern Oberfläche der ersten nach der äußern Oberfläche der letzten in der Reihe, so werden sie sich alle einander nähern, und so die Linie in der sie hängen, wie eine Muskelfaser verkürzen.“ So sinnreich auch dieses Experiment ausgedacht ist, so geringe Analogie

\*) *An account of the gymnotus electricus* in den *Phil. Transactions Vol. 65. P. 2. p. 395.*

\*\*) *Medical extracts Vol. II. p. 118—126.* (Um Verwechslungen zu vermeiden, hole ich den vollständigen Titel dieser Schrift hier nach: *Medical extracts, being a concentrated view of some late discoveries in Chiniſtry an the new theory and practice of physic, thereby introduced by a friend to improvements. Vol. I. London 94. Vol. II. on the nature of health with practical observations and the laws of the nervous and fibrous systems. 95.) Darwin Botanic Garden Cant. I. p. 202. Zoonomie Th. I. S. 105.*

zeigt es mit dem einfachen Muskelbau. Kürzer wäre es ja noch, sich alle Muskelfasern im Augenblicke der Turgescenz als positiv elektrisch, oder also nach einem Durchmesser sich abstoßend, nach einem anderen sich nähernd, zu denken. Aber sind die irritablen Fasern denn wirklich parallellaufende, sich nicht berührende Cylinder? Haben nicht Leeuwenhoek und Prochaska gezeigt, daß die sogenannten einfachen Muskelfaden des Herzens, der Harnblase, und des Schlundes ästig und in einander verwebt sind? Läuft nicht Zellstoff nach allen Richtungen quer durch die Längenfaser durch? Ist die ganze Muskelsubstanz, besonders bei Kindern, nicht einem feuchten Gallerte gleich? Wo ist also hier Vertheilung ungleichartiger Elektricitäten denkbar, wo fast jedes Element von einem leitenden Stoffe umgeben ist? Eben diese Schwierigkeit findet sich bei dem Nerven von dem ein Theil der Substanz  $+E$ , ein anderer  $-E$  leiten soll, eine Meinung, welche der, des großen Mainzer Zergliederers \*) nahe kommt, nach welcher einer Portion Fäden die Spannkraft, einer andern das Empfindungsvermögen zugeschrieben wird. Besteht das Innere eines Nervenbündels nicht ebenfalls aus anastomosirenden Strängen und erfolgt die Reizung des Muskels nicht, wenn man jenen Nervenbündel, der Länge nach, in die feinsten Fäden zerfasert und einen dieser Fäden armirt? Sollte man bei dieser endlosen Theilung immer noch zwei heterogene Fasern zugleich

\*) Sömmerring's Hirnlehre 1791. S. 151.

fassen, von denen die eine positiv, die andere negativ geladen ist?

Wir verlassen demnach diese Flaschentheorie, welche wohl eben so bald vergessen seyn möchte, als die mühsamen Berechnungen, welche Sauvages im *Essai sur la fièvre* über die Schnelligkeit der Lebensgeister angestellt hat. Galvani's Name wird dieser Vergessenheit von selbst entgehen. Ein kommendes Jahrhundert wird seine Entdeckungen benutzen, und wie sich Herr Brandes ausdrückt \*) „erkennen, daß ihm und Harvey die „Physiologie in gleichem Maasse die Grundpfeiler „ihres Gebäudes verdankt.“ Auch übergehe ich Valli's Theorien der thierischen Bewegungen, von welchen die frühere der galvanischen Hypothese sehr analog, die letztere aber so verworren ist, daß sie beinahe durch jeden Versuch über den Metallreiz widerlegt wird \*\*).

In diesen Vorstellungsarten hatte man den wirklichen Stimulus immer in den erregbaren Organen selbst gesucht. Wie, dachten andere Physiker, wenn diese Organe nur eine bloß leidende Rolle dabei spielten, wenn der Reiz von den Metallen selbst herrührte und der Nerv sich dabei bloß als elektroskopische Substanz zeigte. In Deutschland äußerte diese Idee zuerst Herr Reil \*\*\*) und sie schien

\*) Versuch über die Lebenskraft. Hannover 1795. S. 82.

\*\*) Vergl. Pfaff's a. O. S. 339—343.

\*\*\*) Gren's Journal der Physik B. 6. S. 402 und 411. Reil et Gautier *de Irritabilitate* 93. p. 133.

allerdings der damaligen geringen Anzahl von Erfahrungen, die man vor sich hatte, sehr angemessen zu seyn. Der älteste galvanische Versuch \*), in dem ein Froschschenkel zuckte, wenn ein Metall seinen Nerven in der Nähe einer ausströmenden Elektrifizir-  
maschine berührte, zeigte die große Empfindlichkeit der sensiblen Fiber für das elektrische Fluidum. Herr Reil machte ähnliche Erfahrungen an Menschen, welche sich einen Conductor auf das Armgelenk aufsetzten. Volta sah einen Muskel lebhaft erschüttert werden, wenn er ihm eine so schwache Ladung gab, daß sie kaum  $\frac{1}{40}$  des kleinsten am Bennetschen Elektrometer bemerkbaren Grades ausmachte. Ja! wie gering ist der Antheil von Luftpotelectricität, welche bei fernem Gewitter nervenkranken Personen oft Angst und Leibweh verursacht? Die Herren Reil und Gren glaubten, daß durch Reibung der Metalle Electricität frei gemacht und in die Nerven geleitet werden könnte. Die ältern Hemmerschen Versuche scheinen überdies die Möglichkeit dieser Entbindung zu bestätigen \*\*), und mehrere Physiologen fingen an, sie für die gemeinfame Ursache galvanischer Erscheinungen zu halten.

Bei den Fortschritten, welche wir dermalen in der Experimentalphysiologie gemacht haben, dürfen wir uns aber mit dieser Vorstellungsart schlechterdings nicht befriedigen. Herr Reil, welcher sie ehemals in Schutz nahm, hat sie selbst wiederum aufgegeben und dadurch gezeigt, wie sehr es ihm um

\*) Gehler's Wörterbuch Th. V. S. 270.

\*\*) Rozier *Journal de Physique* 1780. Juillet.

Thatfachen und nicht um Meinungen zu thun ist. Wahr ist es allerdings, daß Metalle, auch wenn sie nicht gerieben werden, sich immerfort in einem Zustande schwacher Ladung befinden.

Herr Bennet hat interessante Erfahrungen hierüber mit seinem Duplicator gesammelt. Auch war diese Ladung wohl a priori zu vermuthen. So wie alle in das Luftmeer eingetauchte Substanzen, nach ihrer verschiedenen Capacität für den Wärmestoff eine verschiedene Menge desselben binden und einen ungleichen Ueberfluß frei auf ihrer Oberfläche zurück lassen, so müssen Siegelack, Metalle und Holz (idioelektrische Stoffe, Leiter und Halbleiter) bei der elektrischen Ebbe und Fluth des Dunstkreises, ebenfalls nach dem Grade ihrer Capacität mehr, oder weniger freien elektrischen Stoff in sich anhäufen. War der freie Wärmestoff ein Gegenstand des Thermoskops, so muß das ungebundene elektrische Fluidum eben so das Elektroskop afficiren, oder in die Condensatoren und Duplicatoren übergehen. Aus eben diesem Zustande schwacher Ladung erklärt Herr Hube sehr scharfsinnig auch das schon von Gersten und du Fay \*) beobachtete Factum, daß der Thau von Metallplatten und belegten Glastafeln abgestossen, von unbelegten angezogen wird. Herr Lampadius.\*\*)

\*) Hube über die Ausdünstung und ihre Wirkung in der Atmosphäre 1790. Cap. 35. Gersten *Tentamen Systematis novi ad mutat. barometri ex natura elateris aërii demonstrat.* 1733. Du Fay *sur la Rosée* in den *Memoires de l'Academie de Paris pour l'an* 1763. p. 342.

\*\*) Lampadius *Versuche über die Elektrizität*

welchem die Meteorologië lehrreiche Versuche verdankt, hat zwar diese Erklärung bestritten, weil nach seiner Erfahrung der Stanniol auch unbethaut blieb, wenn er im Grafe und also im Contact mit der Erde lag. Er glaubt, daß das Metall, da es in leitender Verbindung stand, seine Elektricität nicht hätte erhalten und also auch keine elektrische Repulsionskraft hätte ausüben können. Wenn aber auch alle in das Luftmeer eingefenkte Stoffe ein unaufhörliches Bestreben äußern, sich in ein Gleichgewicht freier Wärme und freier Elektricität zu setzen, so folgt daraus doch wohl nicht, daß bei den ewigen Hindernissen, welche die localen Veränderungen des Dufkreises jenem Bestreben entgegen setzen, daß, sage ich, in jedem Augenblicke jenes Gleichgewicht wirklich erreicht sey. Die Fluthen des Oceans suchen ebenfalls eine wagrechte Oberfläche und den

und Wärme der Atmosphäre 1793. S. 64. Die Aehnlichkeit, welche zwischen gefrorenen Fensterscheiben und den Lichtenbergischen Figuren auf dem Elektrophor statt findet, ließ mich vermuthen, daß hiebei Elektricität im Spiele sei. Ich ließ deshalb bei meinem Aufenthalte in Freiberg Glascheiben mit Stanniol belegen, fand aber immer gleiche baumförmige und strahlende Figuren auf den belegten und unbelegten Scheiben. Auch durch Dämpfe von verschiedenen Säuren und alkalischen Stoffen, Vitrioläther und andere, welche anfroren, konnte ich die Formen nicht ändern. Herr Geheimerath von Göthe, der mit allen Theilen der Naturkunde so innigst vertraut ist, theilte mir die sinnreiche Bemerkung mit, wie bei den metallischen KrySTALLISATIONEN, z. B. bei den Braunstein-Dendriten auf dichtem Kalksteine, die Zweige benachbarter Büschel sich selten berühren, sondern wie ein leerer Raum zwischen ihnen bleibt, der wahrscheinlich die Folge einer bei dem Anschluß wirklichen abstoßenden Kraft ist.

noch schlagen sie ewig Wellen wie die Oberfläche des Luftmeers. Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß ein isolirtes Metall nicht mehr  $\pm E$  aus dem Dunstkreise aufnimmt, als isolirtes Holz. Berühren sich beide Stoffe, so sucht das  $\pm E$  sich allerdings unter beide gleich zu vertheilen. Bleibt aber das Metall, welchem von seinem größeren Ueberflusse entzogen wird, von eben dem unerschöpflichen elektrischen Dunstkreise umgeben, so nimmt es, vermöge seiner größeren Affinität zu dem elektrischen Stoffe, denselben aus der Luft wieder auf, indem es ihn dem Halbleiter abgiebt. Es bleibt also in jedem Momente in einem Zustande des Empfangens und Vertheilens und es scheint mir sehr wahrscheinlich, daß eine Stannioltafel wenn sie auch unmittelbar auf der leitenden Erde aufliegt, dennoch stärker geladen, als jene Erde ist. Eben so wird, wenn ich mich auf die Analogie \*) des Wärmestoffs stützen darf, eine Stange Eisen, welche mit ihrem einen Ende in siedendem Wasser liegt, diesem zwar immerfort Wärmestoff zuleiten, aber dennoch eine höhere Temperatur als alle umgebende Stoffe behalten. So gewiß es also auch ist, daß Metalle immerfort in einem Zustande stärkerer Ladung, als andere Stoffe sich befinden, so wenig läßt sich hieraus die galvanische Erscheinung erklären. In

\*) Wirklich ist über den Wärmestoff ein ganz ähnlicher Streit zur Sprache gekommen. Man sehe meine Vertheidigung des Berghauptmanns Wild gegen den Recensenten des *Essai sur la montagne salifère du gouvernement d'Aigle*, in der allg. Litter. Zeitung (Bergmännisches Journal 1792. B. 2. S. 123.) Herr Wild hat sich nachher selbst fast mit denselben theoretischen Gründen gegen Herrn Langsdorf gerechtfertigt.

dem Monthly Review \*) heist es freilich: „as Mr. Bennet has shewn by his doubler, that metals are „constantly in a state of spontaneous electricity, we „impute to this the effects of the Galvanisme and we „conclude, that extraneous electricity is the sole agent „concerned, who acts by stimulating the nervs, which „are thus made to perform their office and to „throw the muscular fibres into action.“ Durch diesen Ausspruch haben sich mehrere Physiker \*\*) verleiten lassen, den Organen bei dem Metallreize eine bloße passive Stelle als elektrokopischen Stoffen, zuzuschreiben. Nähere Untersuchung der Thatfachen widerlegt aber diesen Irrthum. Ich habe im zweiten Abschnitte (vergl. die Fig. 2. 3. 4. 5. 7.) gezeigt, daß im Zustande höherer Reizempfänglichkeit Contractionen ohne alle Mitwirkung von Metallen und Kohlenstoffhaltigen Substanzen erfolgen. Ich beuge den Schenkelmuskel eines Thiers gegen den entblößten sympathischen Nerven, mit dem er noch organisch verbunden ist, und die ganze Maschine wird convulsivisch erschüttert. Wo ist hiebei die elektrische Ladung und Entladung der Metalle im Spiel? Gesetzt aber auch, die Gegenwart derselben wäre eine nothwendige Bedingung galvanischer Erscheinungen, ge-

\*) August 1793. p. 422. Pfaff S. 326.

\*\*) Z. B. neuerlichst Herr Yelin in seinem sehr nützlichen Lehrbuch der Naturlehre 1796. B. I. S. 410. §. 555. Aldini sagt sehr richtig: „Si enim a sola metallorum „electricitate omnes sunt contractiones, quam deformata „illa est animalis electricitatis species, quae cum primum „in animantium dominari corporibus crederetur, metallo „rum nuno mutuatae electricitati non sine magno dede- „core famularetur.“ *De animali electricitate, Diff. I. §. 1.*



setzt auch sie erlitten, bei dem Versuche selbst eine beträchtliche Reibung \*), so lehren doch Cavallo's directe Erfahrungen, daß das große Problem sich keineswegs an die bekannten Wirkungen der Elektrizität anreihen läßt. Dieser scharfsinnige Physiker \*\*) bestimmte mit vieler Sorgfalt den kleinsten Grad der Ladung, durch welche noch Muskelbewegungen erregt werden können. Wenn man ein Elektrometer so schwach elektrisirt, daß seine Kugeln  $\frac{1}{20}$  eines Zolles divergiren, und diese geringe Menge von Elektrizität auf ein Metall von 200 mal größerer Oberfläche, als die leitenden Theile des Elektrometers waren, vertheilt; so ist dies Metall zu schwach geladen, um fibröse Contractionen hervor zu bringen. Dennoch ist die Elektrizität, welche geriebene Metalle äußern, noch weit geringer, ja in vielen Fällen so unmerklich, daß sie allen Verdopplern und Condensatoren entgeht. Die äußere, aus dem Metalle ausströmende Elektrizität kann also nicht Ursach der problematischen Erscheinung seyn. Ich habe selbst mehrmals (bei reizbaren Fröschen) Glasröhren mit Flanell gerieben, und sie augenblicklich darauf an die Nervenarmatur gehalten. Ich sah nie die geringste Bewegung entstehen, wenn gleich das Bennetsche Elektrometer noch 8 Minuten nachher Reste der Ladung in der Glasröhre andeutete.

\*) Diese Reibung, oder unmittelbare Berührung harter Ket tenglieder ist aber zur Erregung von Contractionen gar nicht erforderlich. S. den Anfang des siebenten Abschnittes.

\*\*) *Cavallo's complete treatise on electricity, Vol. 3. containing the discoveries made since the third edition 1795 p. 130.*

Anlockender und mehr umfassend, als alle bisher genannte Vorstellungsarten, ist die von Aleffandro Volta aufgestellte Theorie vom gestörten Gleichgewichte der Elektricität. Von dem Genie ihres Erfinders, seinem philosophischen Beobachtungsgeiste, seiner bewundernswürdigen Fertigkeit im Experimentiren war solch ein Werk zu erwarten. Eine Hypothese, welche die vielen altern Erscheinungen unter einen Gesichtspunct faßt und erklärt, verdient ausgezeichnete Achtung; eine Hypothese aber, welche auch spätere Entdeckungen mit gleicher Leichtigkeit enträthselt, erweckt gerechtes Erstaunen. Es ist mir eine angenehme Pflicht, dieselbe hier in ihrer einfachen Gröfse darzustellen, nicht nur weil sie bisher in deutschen Schriften sehr unvollständig \*) und verworren vorgetragen worden ist, sondern auch, weil ich lange Zeit selbst von ihrer Untrüglichkeit überzeugt war. Meine neuern Beobachtungen zwingen mich, als Gegner des Herrn Volta aufzutreten. Ich werde mich dabei der Bescheidenheit des Ausdrucks bedienen, welche mir gegen ihn geziemt und ich setze ein so gränzenloses Vertrauen in den Charakter dieses Mannes, dem die Wahrheit über alles theuer ist, dafs ich mir die Besorgnis nicht erlaube, durch jenen Widerspruch seine Zuneigung zu mir gemindert zu sehen.

Gleich nachdem Galvani im Jahr 1791 seinen berühmten Commentar über den Muskelreiz herausgab, äufserte Herr Volta die Idee, dafs das ganze

\*) Pfaff S. 344. 349 — 370. Gehler's Wörterbuch B. 5. S. 290 und 1044. Gren's Journal B. 7. S. 315.

räthselhafte Phänomen auf einer ungleichen Vertheilung des elektrischen Fluidums beruhe. Seine Untersuchung der Galvanischen Kettenglieder und ihrer relativen Lage gegen einander, von der allein das Gelingen oder Nichtgelingen des Experiments abhängt, (s. oben den sechsten Abschnitt) bestätigte ihn darin. Demnach gestand \*) er im Jahr 1793, nach genauerer Prüfung aller Thatfachen mehrere zu finden, welche sich auf eine von außen hinzu geleitete Elektricität nicht reduciren ließen und auf ein eigenthümliches unbekanntes, in der sensibeln Fiber angehäuften Fluidum hin zu deuten schienen. „So eingeschränkt, sagt er ausdrücklich, „auch die Zahl jener Thatfachen ist, so „wird sie mir doch überzeugend und beweiset für „eine thierische Elektricität.“ Bald darauf im Jahre 1794 glaubte er auch diese Annahmen in eine allgemeine Regel bringen zu können. Die feinen Versuche, deren er in dem zweiten Briefe an Herrn Vassali gedenkt, und andere, welche ich während meines Aufenthalts in Italien im neuen Journal der Physik \*\*) beschrieben, überzeugten ihn von der Unumstößlichkeit seiner Theorie, und alle Ausichten, die Lehre von den Nervenwirkungen durch die Phänomene des Galvanismus bereichert zu sehen, schienen plötzlich zu verschwinden.

Der Hauptsatz der Volta'schen Theorie ist bisher so ausgedrückt worden, als würde das  $\pm E$  aus den feuchten Organen durch die anliegenden Metalle

ver-

\*) *Philos. Transactions for the year 1793. P. 1. n. 1. p. 12.*

\*\*) *B. 2. H. 4. (1795) S. 472.*

verdrängt und zurück gestossen. Wer kann mit diesen Worten einen bestimmten Begriff verknüpfen? Ich theile Herrn Volta's Vorstellungsart so mit, als ich sie aus einem noch ungedruckten an Sir Joseph Banks gerichteten Italiänischen Briefe (welchen er mir zu Como vorlas und mündlich erläuterte) aufgefaßt habe. — Alle feste und flüssige Stoffe unseres Erdkörpers haben nach Verschiedenheit ihrer Ziehkraft zur Elektricität mehr, oder weniger davon eingefogen. Sie sind daher alle in einem Zustande schwächer, aber ungleicher Ladung. Wenn sie sich berühren, streben sie sich einander ins Gleichgewicht zu setzen, aber vor der Berührung ist das  $\pm E$  in dem einen mehr, in dem andern weniger angehäuft. Die feuchten andern Stoffe (Leiter der zweiten Classe) strömen weniger  $E$  aus, als die Metalle (Leiter der ersten Classe) auch unter den heterogenen Metallen ist ein Unterschied der Stärke, doch wird derselbe mehr in Vergleichung mit den Körpern der zweiten Classe bemerkbar. Die Ladungen der Metalle sind, wenn man sie mit sich selbst vergleicht, fast gleich, wenigstens wird ihre Differenz, wo sie im Contact stehen, in der Theorie nicht beachtet. Wenn nur zwei Stoffe, einer der ersten und einer der zweiten Classe einander berühren, so kann keine freie Circulation des elektrischen Fluidums Statt finden.

Wenn (Fig. 69.) der feuchte thierische Stoff  $a$  an dem homogenen Metalle  $b$  anliegt, so strömt  $a$  aus beiden Enden  $\pm E$  mit einer Kraft  $= 2$  und  $b$  aus beiden Enden mit einer Kraft  $= 5$  aus. Demnach ist

A 2

kein Grund vorhanden, warum der Strom mehr so hin  $\rightarrow$  als so hin  $\leftarrow$  sich richten sollte. Bei  $r$  und  $s$  ist Gleichgewicht der Kräfte. Bei Berührung von mehr als zwei Stoffen der ersten und zweiten Classe wird das elektrische Fluidum gezwungen nach einer Seite zu circuliren. Stöhen Fig. 70. drei Substanzen, Zink  $b$ , Silber  $c$  und ein feuchter Körper  $a$ , in kettenförmigem Contacte unter einander und strömt das Silber mit einer Kraft  $= 3$ , der Zink  $= 5$ , und  $a = 2$  aus, so wird der elektrische Strom von  $a$  nach  $b$  durch  $c$  hin, also so  $\rightarrow$  herum durchbrechen. Denn die beiden Metalle bei  $t$  halten sich (ohngefähr) das Gleichgewicht und ihre Differenz wird  $= 0$  betrachtet, dem feuchten Körper stehen aber ungleiche Potenzen entgegen. Bei  $v$  wirkt das Silber mit einer Kraft  $= 3$ , bei  $x$  der Zink mit einer Kraft  $= 5$ . Also muß das circulirende Fluidum gegen  $a$ ,  $v$ ,  $c$ ,  $t$  hin seinen Weg nehmen. Hätten wir empfindliche Elektrometer genug, um den schwächsten augenblicklichen Durchgang der  $E$  anzuzeigen, so würde uns der sinnliche Augenschein überführen, daß eine solche, durch gestörtes Gleichgewicht hervorgebrachte elektrische Strömung Statt findet, wenn man einen nasen Schwamm mit heterogenen Metallen armirt, die unter einander im Contacte stehen. Aber unsere Werkzeuge sind zu grob um in der todten Materie solche Veränderungen anzudeuten. Die beliebte thierische Fafer ist das einzige feine Elektroskop, welches uns davon belehrt, liegt daher ein sensibiles Organ, z. B. ein Froschschenkel, an der Stelle von  $a$ , so muß es

durch das Durchströmen der *E* zu einer Muskelbewegung gereizt werden.

Aus diesen einfachen Sätzen erklärt Herr Volta die relative Folge der Kettenglieder, welche zur Erweckung galvanischer Erscheinungen erforderlich ist. Wenn ein Frosch, dessen obere und untere Extremitäten nur noch durch die sympathischen Nerven zusammen hangen und in zwei Wassergläser eingetaucht sind, durch einen homogenen silbernen Bogen gereizt wird, so bleibt die ganze Maschine in Ruhe. Es ist der Fall Fig. 69. Die Kräfte bei *r* und *s* stehen im Gleichgewichte. Wird (Fig. 71.) das eine Ende des Bogens *b*, mit Seife *c*, bestrichen, so erfolgt augenblicklich Bewegung. Die Seife stört das Gleichgewicht, da sie eine Ladung hat, welche von der des Froschkörpers verschieden ist. Der Kraft = 3, welche aus *b* ausströmt, steht nemlich auf einer Seite eine Kraft = 2, auf der andern eine = 1 entgegen. Folglich muß der Strom durch *c* und *a* nach *b* hin durchbrechen. Werden hingegen beide Enden *b* mit Seife *c* und *d* (Fig. 72.) bestrichen, so verkündigt die Theorie selbst die Ruhe vorher, welche das Experiment wirklich bestätigt. Denn bei *b* und *d*, *b* und *c*, *a* und *d*, und *a* und *c*, ist ein vollkommenes Gleichgewicht der Kräfte. Es ist in Fig. 72, so wenig als in Fig. 69, ein Grund vorhanden, warum die *E* mehr durch *d* und *a* nach *c*, als durch *c* und *a* nach *d* circuliren sollte. Mit eben der Leichtigkeit ist der Erfolg meines Hauchversuchs (Nerv. P. p. H. P.) auf diese Hypothese zu reduciren. In der Kette Fig. 73. drückt *a* das sensible Organ, *b* und *b* Zink, *c* Silber

aus. Die Contraction erfolgt nicht eher, als bis die eine Fläche des einzigen heterogenen Metalls  $c$  mit einer verdampfenden Feuchtigkeit  $d$  benetzt ist. Warum? weil ohne  $d$  alle Stoffe von gleichen Kräften balancirt sind und erst bei  $d$ , ein ungleicher Widerstand eintritt. Der Zink  $b$  setzt demselben eine Kraft  $= 5$ , das Silber eine  $= 3$  entgegen, also muß der elektrische Strom von  $b$  aus durch  $d$ ,  $c$  und  $b$ , nach  $a$  hin durchbrechen. Werden beide Flächen benetzt (Fig. 74.) so ist augenblicklich das allgemeine Gleichgewicht wieder hergestellt. Denn nun steht dem Strom aus  $b$  durch  $d$ , ein gleicher aus  $c$  entgegen. Auch hatte ich wirklich, ehe ich noch mit der Volta'schen Vorstellungsart bekannt war, die Formel Nerv. P. H. p. H. P. bei minder lebhaften Individuen durch die Erfahrung bereits negativ befunden.

So sinnreich aber auch diese Theorie vom gestörten Gleichgewichte der  $E$  unter mehr als drei Stoffen an sich ist, so leicht sie sich auch auf viele von andern Physikern bekannt gemachte Erfahrungen anwenden läßt, so wird sie dennoch durch eine nicht minder große Anzahl von neueren Versuchen, welche ich seit zwei Jahren angestellt habe, vollkommen widerlegt. Alle theoretischen Sätze unserer Physik und Chemie beruhen auf Induction, oder analogen Schlüssen. Sind die Thatfachen nicht vollständig gesammelt, so ist die Theorie selbst noch schwankend und eine einzige neue Erfahrung kann, wenn die Einfachheit der Bedingungen vor dem Irrthume bewahrt, das ganze theoretische Lehrgebäude stürzen.

Ich könnte zuerst beweisen, daß wenn ein Fluidum in der galvanischen Kette circulirt, es von dem elektrischen wesentlich verschieden seyn müsse, da es von ganz andern Stoffen als dieses isolirt wird. Dieser Einwendung würde aber dadurch entgegnet, daß man jene Identität selbst aufgäbe, und sich bloß auf die nicht zu läugnende große Analogie beider Stoffe beriefe. Ich übergehe daher hier die Thatfachen, welche sich auf die Natur des galvanischen Fluidums beziehen, und behalte mir vor, sie am Ende des Abschnitts einzeln vorzutragen. In unbezweifeltem Widerspruche mit der Voltaischen Theorie stehen dagegen folgende Thatfachen:

1) Die Entdeckung, welche ich am 20ten Nov. 1794. gemacht (S. den dritten Abschnitt Fig. 9. 10. 11. 12. und 13. 14.) beweiset, daß galvanische Erscheinungen auch ohne alle kettenförmige Verbindung der wirkenden Stoffe eintreten. Wenn das Metall *M* den Nerven armirt und *M* selbst, (oder ein, mit ihm in leitendem Zusammenhange stehender, entfernter Körper) von einem andern Metalle *N* berührt wird, so wird der Nerv gereizt.

Bei sehr lebhaften Individuen äußert sich der Effect dieses Reizes durch sichtbare Muskelbewegung, bei minder erregbaren entgeht die Veränderung, welche die Organe erleiden, unserer Wahrnehmung. Sind z.B. (Fig. 13.) die beiden Froschschenkel *a* und *b*, von ungleicher Reizempfänglichkeit, so wird nur der erregbarere zucken, wenn *M* von *N* berührt wird. Wo ist hiebei (und besonders nach dem zusammen- gesetzten Gegenversuche (Fig. 12. *a*.) eine Circulation



des elektrischen Fluidums, wie sie jene Theorie annimmt, denkbar?

2) Eben diese Theorie widerstreitet nach Fig. 69. die Möglichkeit einer Contraction bei Berührung von zwei Stoffen. Ich erinnere an meine Versuche mit homogenen Metallen, die im 3ten Abschnitte umständlich entwickelt sind. Die sensible und irritable Fiber (Fig. 16.) treten mit einer homogenen metallischen Flüssigkeit in Contact, und es erfolgt die lebhafteste Erschütterung. Ich erinnere an den einfachen Fall Fig. 4. Man schneide, bei lebhaften Individuen, ein Stück  $x$  vom Cruralnerven ab und schiebe dasselbe mittels einer Glasröhre an seinen Cruralnerven und den Muskel, in welchen er inserirt ist, an. Bei der Berührung entsteht sogleich die Contraction des Schenkels. Hier sind schlechterdings nur zwei heterogene Stoffe, Nerv und Muskel, im Spiele. Eben so in Fig. 2, wo  $x$ ,  $y$  und  $z$ , alle drei Stücke homogenen Muskelfleisches sind. Ja! ich habe gezeigt, daß galvanische Erscheinungen erfolgen ohne alle Mitwirkung getrennter Stoffe, bloß indem man den rothen, gar nicht tendinösen Lendenmuskel eines Frosches gegen den Ischiadnerven zurückbeugt. Hier besteht die Kette aus bloß organisch verbundenen Theilen mit dem Ischiadnerven und dem Lendenmuskel, zu dem er herab läuft.

3) Aber selbst noch gewöhnlichere leicht nachzunehmende Versuche widerlegen die Hypothese vom gestörten Gleichgewichte der Elektricität. Die Formel Nerv. P. H. p. ist, zum Beispiel, bei den meisten, nur nicht ganz matten Thieren positiv. Wenig-

stets treten die Contractionen sogleich ein, wenn man den Nerv mit oxygenirter Kochsalzsäure zu höherer Reizempfindlichkeit erhebt, oder erregbare Organe an die Stelle der unerregbaren legt. Eben diese Formel sollte aber nach Herrn Volta's Theorie einen negativen Erfolg zeigen. Wenn in Fig. 1. (wie ich die Versuche, der Einfachheit der Bedingungen wegen, mehrmals angestellt) *a* ein abgeschnittenes Stück des Cruralnerven und der silberne Conductor in Berührung mit dem Cruralnerven selbst ist, so wird der Strom zu beiden Seiten von gleichen Kräften balancirt. Man werfe einen Blick auf Fig. 75. wo *e* den inserirten Cruralnerven *a*, das getrennte Stück davon und *b* und *d* die Excitatoren bedeuten, und man überfieht mit einem Blicke, daß die Wirbel-Hypothese einen Zustand der Ruhe gebietet, in welchen die Natur sich nicht einzwängen läßt.

4) Eben so steht der Versuch mit der doppelten Hauchbelegung im Widerspruche mit jener Hypothese. Bei sehr erregbaren Organen erfolgt eine Contraction, das heterogene Metall, welches zwischen zwei homogenen liegt, mag auf einer, oder auf beiden Flächen mit verdampfenden Flüssigkeiten benetzt seyn. (s. oben im fünften Abschnitt n. 10. Fig. 23.) Dieser gleichmäßige Erfolg bei so verschiedener Disposition der Kettenglieder wäre aber unmöglich, wenn die Lehre vom Uebergewichte der streitenden Ströme gegründet ist. Man vergleiche die Constructionen in Fig. 73 und 74.

Soglänzend demnach auch die Ausichten waren, welche eine Erklärungsart gewährte, die fast alles auf

eine Vernunftkenntniß durch Construction der Begriffe zu reduciren schien, so sehen wir uns dennoch genöthigt, dieselbe aufzugeben, da sie mit der jetzigen Masse neuerer Erfahrungen keinesweges übereinstimmt. Die Naturwissenschaft ist, so reich an halben Erklärungen, daß es Gewinn genug ist, ihre Zahl zu vermindern. Was wird den Fortschritten derselben hinderlicher seyn, was legt dem Untersuchungsgeiste stärkere Fesseln an, als der einschläfernde Wahn, vollendet zu haben, wo noch nicht die Hälfte des Wegs zurück gelegt ist?

Bei den Erklärungen physischer Erscheinungen kann man sich ein dreifaches Ziel des Bestrebens vorsetzen, von denen das eine entfernter, als das andere liegt. Der letzte Zweck jeder wissenschaftlichen Naturlehre ist der, die Begriffe von bestimmten Naturdingen zu construiren, oder ihre innere Möglichkeit durch Anwendung der Mathematik anschaulich zu machen. Diesen Zweck hat Newton nur in Erklärung des Regenbogens, in der Lehre von der Gravitation der Himmelskörper, Sage und Prevost in der Lehre vom Magnetismus, Mayer in der vom Wärmestoffe, Coulomb einigermassen in der Theorie der elektrischen Materie erreicht. Unendlich wenig Phänomene der äußeren Sinnenwelt sind aber einer solchen Anwendung fähig und bei den meisten muß man sich begnügen, sie auf allgemeine Erfahrungsgesetze, die weder ein Bewußtseyn ihrer Nothwendigkeit bei sich führen, noch eine Darstellung a priori in der Anschauung erlauben, systematisch zu reduciren. Auf diesem Puncte stehen wir

2. B. in der Lehre von Zerfetzung der Stoffe durch wechselseitige Verwandtschaft, von Bildung der Säuren und Verkalkung der Metalle. Erst, wenn es gelingen sollte, chemische Wirkungen der Materie auf construierbare Begriffe zurück zu führen und dynamisch zu vollenden, was der tieffinnige Verfasser der *Chymie mécanique* atomistisch begonnen hat, dann erst dürfen wir hoffen, auch jene Lehren unter einen höhern Gesichtspunkt stellen zu können, und sie zu dem Grade apodiktischer Gewissheit zu erheben, zu welcher die Theorie der Gravitation seit einem Jahrhunderte gelangt ist. Bis dahin bleiben wir bei empirischen Gesetzen stehen, „die einige „Unzufriedenheit \*) zurücklassen, weil man von ihnen „keine Gründe a priori anzuführen im Stande ist.“

Leider können wir bei den meisten Gegenständen unserer naturhistorischen, oder physikalischen Erkenntniß auch nicht einmal bis zu diesen Gesetzen hinaufsteigen. Die Ursachen der Luftpolektricität, des Steigens und Fallens des Barometers, die der Erdbeben und vulcanischen Explosionen sind nicht mit der Vollständigkeit darzustellen, als sich die Gründe anführen lassen, warum ein Gemenge von Mittelfalzen sich gegenseitig zerlegt. Bei jenen so verwickelten Erscheinungen können wir nicht auf eine Übereinstimmung mit allen andern Erscheinungen der Sinnenwelt, auf eine Einsicht in den einfachen Mechanismus treibender Kräfte rechnen, wir müssen uns begnügen, wenn wir einige neuere

\*) Metaphys. Anfangsgründe der Naturwissenschaft, 1787. Vorrede.

Erfahrungen an einige frühere anpassen, wenn wir den causalen Zusammenhang einiger Wirkungen einsehen, anderes ahnden lernen; ja wir müssen, falls wir einmal eine scheinbar gültige allgemeine Erklärungsformel aufgefunden zu haben glauben, nie zu beobachten nachlassen, da die besondere Naturwissenschaft keine absolute Vollständigkeit der Objecte kennt, und da in der unendlichen Mannigfaltigkeit von Anschauungen, welche jede Erscheinung darbietet, noch manche enthalten seyn kann, welche jene Erklärungsformel umstößt. Finden wir uns bis jetzt in den meteorologischen Speculationen genöthigt, auf Vereinfachung der Begriffe und vollständige Erklärungen Verzicht zu thun, so dürfen wir mit noch minder gespannten Erwartungen uns dem Schauplatze organischer Kräfte nähern. Wir treten hier nicht nur in eine Sphäre, in der die feinsten, fast jeder Wahrnehmung entgehenden Stoffe die größten Wirkungen hervorbringen, in der es überall an älteren genauern Beobachtungen fehlt, an welche die neuen anzuknüpfen wären; sondern wir leben auch in der eben so permanenten, als unbegreiflichen Einwirkung des Immateriellen auf die Körperwelt eine neue Schwierigkeit sich erheben. Jahrhunderte werden vergehen, ehe die Physiologie belebter Geschöpfe sich auch nur des Lichtes wird freuen können, in welchem uns die Kräfte der todten Materie längst schon erschienen.

Ich habe meiner Widerlegung der Volta'schen Theorie diese Betrachtungen folgen lassen, um durch

dieselben den Gesichtspunct festzustellen, aus welchem ich die letzte Hälfte dieses Abschnitts beurtheilt wissen möchte. Ich stehe im Begriff mich selbst an die Erklärung des Metallreizes und seiner Wirkung auf die Muskelfaser zu wagen. Ich maaße es mir nicht an, so verwickelte und zugleich auch so einfache \*) Erscheinungen auf ein Princip zurück führen zu wollen, welches die Lehre vom gestörten Gleichgewichte der Elektricität ersetzen könnte, sondern ich begnüge mich dieselben mit andern Erfahrungen aus der Sinnenwelt zu vergleichen, auf ihre Übereinstimmung aufmerksam zu machen, und überhaupt den Weg zu zeigen, auf welchem (bei der jetzigen Lage unfreier Naturerkenntniß) der Gewinn einer vollständigen Erklärung künftig zu erwarten seyn möchte. Philosophische Naturforscher, welche zu unterscheiden wissen, was in einer rationalen, oder (auf Mathematik gegründeten) empirischen Naturlehre, und was in bloß systematischen Künsten, wie Chemie und Physiologie find, zu erwarten steht, werden diesen bescheidneren Gang meiner Untersuchung nicht mißbilligen. Es ist unschädlicher, selbst erweisbare Sätze als Vermuthungen darzustellen, als diese in das Gewand von jenen einzukleiden.

Das auffallendste und wichtigste, welches aus meinen Versuchen (S. den zweyten Abschnitt) zu folgen scheint, ist der Schluß, daß der Stimulus in dem Galvanischen Phaenome, in den erregbaren Organen selbst liegt, und daß

\*) Man vergleiche den Hauchversuch und den Fall Fig. g.

die Metalle sowohl, als andere Stoffe, welche bisweilen als Glieder der Galvanischen Kette auftreten, eine bloße secundäre Rolle dabei spielen. Im Zustande erhöhter Reizempfänglichkeit erfolgen Contractionen, wenn Muskel und Nerv, (die noch organisch mit einander verbunden sind,) ohne Dazwischenkunft eines dritten Körpers, sich leise berühren.\*) Metalle, oder Kohlenstoffhaltige Substanzen sind nur dann nothwendige Bedingungen der Erscheinungen, wenn die Erregbarkeit der Organe bereits gemindert ist. Sie scheinen daher den Stimulus zu verstärken, nicht aber ihn wesentlich zu begründen. Die verschiedene Beschaffenheit der Gasarten, welche die thierischen Theile berühren, wirken nur auf die Incitabilität derselben. Das galvanische Experiment selbst gelingt im kohlenfauren Gas, wie im Sauerstoffgas, im luftdünnen Raume, wie im luftvollen. (S. den achten Abschnitt.) Nur beim Oele habe ich bemerkt, daß die Zuckungen länger dauern, wenn die Organe unter seiner Oberfläche, als wenn sie im Wasser, oder in freier Luft liegen. Hierbei finde ich den merkwürdigen Umstand, daß es nur auf die Lage der Organe selbst, keinesweges aber auf andere Glieder der Kette ankommt. Die lange Dauer der Contractionen ist gleich auffallend, die Metalle mögen größtentheils außerhalb dem Oele, oder gänzlich in dasselbe ver-

\*) Dieser Versuch widerspricht selbst der Pfaßschen Theorie, nach welcher der Stimulus zwar in den Metallen liegt, aber diesem erst durch die belebte reagirende thierische Materie entlockt werden kann. Pfaß. a. a. O. S. 334.

fenkt seyn. Scheint daraus nicht zu folgen, daß, falls hier Elektricität, oder wenigstens ein derselben verwandter Stoff im Spielé ist, daß dieser, sage ich, im Zustande der Ruhe in den Nerven und Muskeln selbst angehäuft bleibt, und nur im Augenblicke der Reizung in Umtrieb gesetzt wird. Strömte derselbe immer fort (wie die Voltasche Theorie angiebt) durch die Metalle durch, so würde die Isolirung der letztern eben so nöthig, als die der Organe selbst seyn.

Was aus dem Nerven ausgeht, scheint reizend auf ihn zu wirken, wenn es in denselben zurückkehrt. Das ist der allgemeinste Ausdruck galvanischer Bedingungen, ein Ausdruck, welcher den einfachen Fall, wo man den Lendenmuskel gegen den Ischiadnerven zurückbeugt, eben so gut, als den zusammengesetzten Fig. 33. unter sich begreift. Wie, und wodurch diese Circulation erregt wird, halte ich für ein Problem, an dessen vollständige Auflösung sich nur der wagen kann, der nicht die Mannigfaltigkeit der galvanischen Versuche kennt, der nicht die Tafel vor Augen hat, welche ich im fünften Abschnitte geliefert habe. Für einzelne Fälle ist es leicht durch Annahme positiver und negativer Fluiden, oder durch das aufgehobene Gleichgewicht in der Vertheilung eines einzelnen, Erklärungsformeln zu finden. Das Experiment ohne Kette (Fig. 9—14.) z. B. scheint, wie mich ein großer Physiolog erinnert, begreiflich, wenn man nicht (wie in der Voltaschen Theorie) eine circulirende, sondern eine oscilli-



rende, also ebenfalls in sich rückkehrende Bewegung, annimmt. Man setze die Energie des Nerven = 6, die des Zinks = 16. Im Augenblicke des Contacts wird ihre Capacität sich ändern, der Nerv wird von dem Zinke etwas empfangen, und das Gleichgewicht wird hergestellt seyn, wenn beide Stoffe die Kraft = 22 unter sich vertheilen. Wird nun der Zink mit Holz, oder einer anderer isolirende Substanz berührt, so entzieht ihm diese nichts, und die Anhäufung bleibt dieselbe. Kaum aber tritt ein anderes Metall *N* mit *M* (Fig. 9.) in Contact, so wird dasselbe entweder etwas an *M* abgeben, oder demselben von seiner Kraft rauben. *N* stöht also das Gleichgewicht von *M* und *P*. Die Summe ihrer Ladung wird nicht mehr = 22 bleiben, und dieses Zu- oder Ausströmen in oder aus dem Nerven wird als Stimulus auf ihn wirken.

Diese Erklärung paßt aber nicht einmal auf den Fall, für den sie erfonnen ist. Bringt eine Veränderung der Capacität, oder vielmehr eine Vermehrung und Verminderung der, im Nerven angehäuften Kraft *y* eine Muskelcontraction hervor, so fragt es sich, warum dieselbe nicht schon erfolgt, indem der Zink *M* zum erstenmal die Organe berührt? warum die zweyte Störung durch den Contact von *M* und *N* erst wirksam ist? Wenn *M* und *N* beides Zinkstangen sind (wie in meinen Versuchen bisweilen der Fall war) so muß die Anhäufung des unbekannten Stoffes *y*, durch das, vom Nerven so heterogene *M* doch wohl mehr als durch das, mit *M* homogene, *N* gestört werden! Ja man nehme selbst an, da hier nicht

mit gereinigtem Queckfilber experimentirt \*) wird, daß zwei Zinkstangen in Mischung, Gestalt und Temperatur verschieden sind, so wäre es doch sehr kühn, *M* und *N* heterogener als *M* und den Nerven zu halten. Wo endlich bleibt der Begriff der Störung, im Fall Fig. 3. wo der Leiter *a*, von dem Cruralnerven selbst abgelöst ist? Ich berühre *t* mit einem Metalle, der Schenkel bleibt in Ruhe. Diese Ruhe verschwindet, so bald *s* an *t* und *s* geschoben wird. Die Ableitung durch ein Metall sollte doch wohl wirkfamer seyn, als die Veränderung, welche ein mit *t* homogener thierischer Theil im Contacte mit andern thierischen Theilen hervorbringen kann?

Partielle Contractionen lassen sich auch aus den Begriffen von entgegengesetzten Fluiden hernehmen. Man denke sich einen Nerven, der von der Muskelfaser durch eine dünne isolirende Schicht getrennt ist. Hat derselbe eine positive Ladung, so wird er, durch Vertheilung, in dem Muskel, welcher in seinem Wirkungskreise liegt — *E* erwecken. Contraction, oder fibröse Erschütterung kann nur erfolgen, wenn entweder die Willenskraft so viel + *E* aus dem Hirne in den Nerven ableitet, bis die isolirende Schicht durchbrochen wird und die Explosion, wie in einer überladenen Kleist'schen Fla-

\*) Mit Queckfilber hat der Versuch ohne Kette noch nie geglückt. Wenn (F. 16.) bloß der Nerv *m* eingetaucht war, so erfolgte nie eine Contraction, wenn neues Queckfilber zum alten gegossen ward. Sollte man einmal auf so erregbare Thiere stoßen, daß sie auch dadurch gereizt würden, so steht zu vermuthen, daß der bloße Contact von *m* und *r* auch wirken würde.

sche von selbst erfolgt, oder wenn durch eine leitende Substanz  $x$  (Fig. 4.) das  $+E$  des Nerven mit dem  $-E$  des Muskels verbunden wird. Nach dieser Vorstellungsart wird das  $-E$  durch das  $+E$  erzeugt, nach dieser bedarf es nur der Annahme einer  $E$ , nicht zweier, wie in der Theorie der Bologner Physiker. Aber die Versuche Fig. 9-14 und die altern, wo bloß Nerven in zweien Punkten armirt werden (Fig. 8.  $r$ ) stürzen leider! das neue Lehrgebäude über den Haufen. Nimmt man an, in den sensiblen und irritablen Organen sey nur  $+E$  oder  $-E$  angehäuft, das  $+E$  werde aber durch den Uebergang von einem thierischen Theile in ein Metall und von diesem in ein heterogenes Metall in  $-E$  verwandelt, so erklärt sich der gewöhnliche Versuch Fig. 8. sehr falsch. Vom Nerven geht  $+E$  aus, im Zink wird es in  $-E$ , im Silber in  $+E$  und im Muskel in  $-E$  verwandelt. Es kehrt demnach als  $-E$  in die Organe zurück und erregt mit dem dort angehäuften  $+E$  eine Explosion. Ist  $r$  selbst Zink, wie bei homogenen Armaturen, so erfolgt Ruhe. Denn das aus  $t$  ausströmende  $-E$  bleibt  $-E$  bei dem Uebergange in  $s$  und wird  $+E$  im Muskel. Es kehrt also gleichnamig in den Schenkel zurück, Ich habe lange in dem Wahne gestanden, in dieser Erklärungsformel etwas wahres aufgefunden zu haben. Fortgesetzte Versuche haben mich aber von meinem Irthume überzeugt. Ich erinnere bloß an den Versuch Fig. 1. der positiv ist, der silberne Bogen mag unmittelbar das Muskelfleisch  $a$  berühren, oder es mag sie abermals ein Zinkplättchen tren-

trennen, d. h. wenn ich die Reihen in Zeichen ausdrücke:

Nerv. P. H. p.

oder

Nerv. P. H. P. p.

Nach obiger Hypothese können aber beide Arten der Verkettung nicht gleiche Resultate geben. In der ersten folgt

+ . - . + . - . + .

in der letzteren

+ . - . + . - . + . -

auf einander. Hier also sind ungleichnamige, dort gleichnamige Elektricitäten.

Auffallend ist es, wie man in dem jetzigen Jahrzehend geneigt ist, alle physische Erscheinungen auf den Begriff der Polarität, oder entgegengesetzter Stoffe zu reduciren. Die neue Theorie vom männlichen und weiblichen Brennstoff ist ganz auf eine solche Reduction gegründet, und Herr Voigt \*) erklärt den Galvanischen Versuch durch eine Paarung der männlichen und weiblichen Elektricität. Schade, daß wir uns bei solchen Vorstellungsarten auf eine Analogie beziehen, die ein nicht minder unerklärtes Factum involvirt! Wir wissen, daß + *E* durch Vertheilung — *E* erregt; wir wissen, daß ein schwarzes seidenes Band, gegen ein weisses gerieben, von diesem angezogen wird;

\*) Versuch einer neuen Theorie des Feuers und der Verbrennung 1793. S. 361. eine Schrift, die wegen einiger wichtigen neuen Versuche, die sie enthält, weniger vernachlässigt zu werden verdiente.

durch welche chemische Modification aber sich die positiv- elektrische Materie von der negativen unterscheidet, davon ahnden wir heute nicht mehr, als man zu Du Fay's und Watson's Zeiten ahnden durfte. Der Grund, warum man dennoch in der Theorie von der Elektrizität, von dem Magnetismus und selbst in der Physiologie, so gern auf Begriffe der Polarität zurück geht, scheint mir in dem dunklen Streben zu liegen, qualitative Verhältnisse auf quantitative zu reduciren, oder Mathematik auf chemische Wirkungen anzuwenden. Herr Lichtenberg hat durch Einführung der Zeichen  $\pm E$  und  $\pm M$  diese Anwendung glücklich zu Stande gebracht. Die verwickelten elektrischen und magnetischen Aufgaben vereinfachen sich jetzt, wie analytische Formeln, aber man vergißt bei der Arbeit, daß man mit unbekannten Größen ( $x$  und  $y$ ) zu thun hat!

Einige meiner Versuche z. B. der Fig. 51. und 47. scheinen selbst der Vorstellung eines circulirenden Fluidums gänzlich zu widersprechen. Dieser Widerspruch ist aber (wie mich neuere Erfahrungen gelehrt) nur scheinbar. In Fig. 51. liegt  $n$  allerdings außerhalb der Kette  $mps$ . Es fragt sich also, wie ein in derselben in Umlauf gesetzter Stoff seine Wirkung auf den Nerven ausdehnen könne? Ich habe in dieser Hinsicht vergleichende elektrische Versuche angestellt und finde auch bei diesen, wo die Circulation des  $\pm E$  unbezweifelt ist; Wirkungen außerhalb der leitenden Kette. Die Hand empfindet freilich keinen Schlag, wenn sie den Eisendrath, welcher die äußere und innere Fläche der Kleistischen gela-

denen Flasche verbindet, irgendwo, mittels eines Metallstabes, berührt. Man nehme aber das feinste Elektroskop, welches wir kennen, (und welches nur ein wesentliches, wenn gleich oft zu ersetzendes Stück eines elektrischen Apparats zu seyn scheint) einen wohl präparirten Froschnerven, und lege diesen (Fig. 76.) dergestalt in die leitende Kette, daß der Theil *ab* selbst ein Kettenglied ausmacht, *bcd* aber sammt dem Schenkel außerhalb dem Strome liegt. Man zerfchneide darauf den Cruralnerven in *c* und entferne die beiden Enden *c* und *d* eine Linie weit von einander. So oft nun die *E* sich durch Entladung der Flasche ins Gleichgewicht setzt, erfolgt die Muskularcontraction des Schenkels. Ich habe diesen Versuch, der mir neu und nicht uninteressant zu seyn scheint, auch so wiederholt, daß das Nervenstück *ab* nicht selbst in der Kette lag, sondern (Fig. 77.) mit einem Metallstäbchen, *p*, in Berührung stand. Der Erfolg blieb derselbe. Wenn man beide Fälle Fig. 76. und 77. unpartheiisch prüft, so überzeugt man sich, daß hier nicht die Wirkung reizender Atmosphären eintritt, sondern daß sich die elektrische Erschütterung auch noch auf *p* und *abc* ausdehnt. So wie also in Fig. 77. der Nerv *a* aus dem Metalle *p* Elektrizität empfängt, eben so kann auch Fig. 76. aus dem Nervenende *c* Elektrizität nach *d* hin, ausströmen. Die Anwendung beider Erfahrungen auf Fig. 51. ist von selbst klar und bedarf keiner weitem Ausführung.

Ist im Zustande erhöhter Erregbarkeit der Organe die einfache Berührung des Muskels und Nerven zur Hervorbringung galvanischer Erscheinun-

gen hinlänglich, so entsteht die Frage, warum ist bei minderer Erregbarkeit die Zuleitung durch metallische Stoffe nothwendig, wie wirken diese letztern bei Verstärkung des Reizes? Wir bemerken bestimmte Grade, eine bestimmte Stufenfolge der Bedingungen, unter denen sich der Metallreiz bei sehr lebhaften, minder erregbaren und trägen Individuen, wirksam zeigt. Wenn ich das, was ich an mehreren hundert Thieren beobachtet, auf ein einzelnes zurückführen darf, so würden den verschiedenen Epochen der Reizempfänglichkeit etwa folgende Verkettungen respondiren. Die Contraction erfolgt im erstern Grade: ohne Kette, Fig. 9—14; im zweiten Grade: indem sich die mit Muskelfleisch bewickelte Pincette dem Nerven aus der Ferne nähert, Fig. 65; im dritten Grade: indem man organisch verbundene Theile unmittelbar in Berührung setzt; im vierten Grade: bei Zuleitung durch thierische Theile, Fig. 2—5; im fünften Grade: durch ganz homogene Metalle, oder Kohlenstoffhaltige Substanzen, Fig. 16—17; im sechsten Grade: durch heterogene Metalle, welche sich nicht unmittelbar berühren, Fig. 1; im siebenten Grade: durch homogene Metalle, zwischen welchen ein heterogenes liegt, welches auf beiden Flächen mit verdampfenden Flüssigkeiten belegt ist; im achten Grade: durch eine Kette, mit welcher das sensible Organ nur mittelbar und nicht als Glied in Verbindung steht, Fig. 51; im neunten Grade: durch heterogene Metalle welche sich unmittelbar berühren, Fig. 8; im zehnten Grade: durch homogene Metalle und ein heterogenes, wel-

ches auf einer Fläche mit verdampfenden Stoffen belegt ist (Hauchversuch); im eilften Grade: durch auf einander Schlagen der heterogenen Metalle; im zwölften Grade: durch Verbindung der Nervenarmatur und des Muskels, nicht der Nervenarmatur und der Nerven; im dreizehnten Grade: wenn erst der Muskel und dann die Nervenarmatur berührt wird, d. h. wenn die Kette sich vom Muskel ausschließt; im vierzehnten Grade: wenn das Nervenstück zwischen der Armatur und dem Muskel frei durch die Luft geht, und nicht der Muskel selbst an dem Metalle anliegt; im funfzehnten Grade: wenn man den matten Nerven auf seiner Armatur ausspannt, oder ihn in die Länge dehnt; im sechzehnten Grade: wenn der Schenkel aufgeschnitten und von dem silbernen Leiter ein entblößter Nerv selbst berührt wird.

Wer sich viel mit den Erscheinungen des Galvanismus beschäftigt hat, wird, wie ich mir schmeichle, die Wahrheit jener Schilderung nicht verkennen. In den ersten vier Graden mag ich gefehlt haben. Künftige Beobachter werden vielleicht den zweiten zum ersten und diesen zum dritten machen. Die Natur der Versuche liefs hier bisher keine grössere Bestimmtheit zu. Wer aber ein Thier behandelt, welches auf dem vierten, oder fünften Grade der Reizempfänglichkeit steht, wird dasselbe in mehreren Stunden, mit abnehmender Lebenskraft die ganze beschriebene Scale durchlaufen sehen. Er wird sich davon überzeugen, wenn er zuletzt die Metalle erschütternd berühren, den Schenkelmuskel von der



Nervennatur entfernen, den Leiter auf den Muskel zuerst aufsetzen und endlich den Nerven anspannen muss, um den matten Organen noch eine schwache Contraction abzugewinnen.

Auf die chemische Natur der Excitatoren habe ich in jener Tafel gar keine Rücksicht genommen, weil dieselbe von andern Physikern weitläufig genug entwickelt ist, und mir die hier geschilderten Verhältnisse weniger beobachtet und doch ungleich interessanter schienen. Soll je das grosse Problem des Galvanismus vollkommen gelöst werden, so muss diese Auflösung zugleich den Grund enthalten, warum die Bedingungen der letztern Grade einen wirkfamern Reiz, als die der ersten hervor bringen. Liegt nun, wie ich erwiesen zu haben glaube, der wirkfame Stimulus in den erregbaren Organen selbst, und ist unmittelbare wechselseitige Berührung derselben hinlänglich, um galvanische Erscheinungen hervor zu locken, so können fremdartige Stoffe, welche die Leitung vom Nerv zum Nerv (oder Muskel) bilden, dem überströmenden Fluidum entweder Hindernisse in den Weg legen, oder dasselbe frei durch lassen. Ich vermuthe, dass auf der Stärke dieser Hindernisse das ganze Phänomen der sogenannten Excitationskraft beruht. Wir sehen, um an eine analoge Erscheinung zu erinnern, dass die elektrische Materie stärker wirkt, wenn die Leitung durch Halbleiter unterbrochen ist, als wenn sie aus bloss vollkommenen Leitern besteht. Ich habe reines Schiefspulver durch eine geladene Kleist'sche Flasche nicht eher entzünden können, als bis ich feuchtes Holz, oder

Kork mit demselben in Berührung brachte und die  $\pm E$  durch Eisendrath und jene unvollkommene Leiter durchschlagen liefs. Eine nasse Schnur soll dieselben Dienste verrichten \*) und Herr D. Eimbke, dem wir treffliche Versuche über den Phosphor verdanken, versicherte mich, dafs eine einzelne Flasche bei Verkalkung des Goldes wie eine kleine Batterie wirke, wenn die Verbindungskette durch Halbleiter unterbrochen ist. Die zerschmetternden Wirkungen, welche der Blitz bisweilen im menschlichen Körper zurück läfst, scheinen mir ebenfalls auf diesem Phänomene, auf ein Ueberfahren der  $E$  aus Knochen (als vollkommenen Leitern) in Muskelfleisch (als Halbleiter) und nicht auf einem Ueberspringen aus Endspitzen zu beruhen. Sollte nun nicht die Stärke des galvanischen Fluidums (dessen Analogie mit dem elektrischen wir gleich umständlicher abhandeln wollen) auf ähnliche Weise bei seinem Durchgange durch leitende Stoffe modificirt werden? Sollte es nicht, indem es aus dem vollkommenen Leiter in den Halbleiter übergeht, in diesem sich so lange anhäufen, bis es das Hindernifs überwältigen und mit vermehrter Stärke \*\*) durchbrechen kann? Diese Vermuthung würde schon a priori nicht unwahrscheinlich seyn, wenn sie auch nicht durch die vorbeschriebene elektrische Erfahrung unterstützt würde.

Ich vermute, dafs das galvanische Fluidum, welches in den thierischen Theilen angehäuft ist, leicht

\*) Yelin's Naturlehre B. 1. S. 389. Voigt a. a. O. S. 314. Pfaff S. 355. in der Note.

\*\*) Joh. Aldini *de animal electricitate* 1794. p. 40.

ter durch thierische Theile, als durch Metalle, leichter durch zwei homogene Metalle, als durch heterogene strömt. Je heterogener die Metalle selbst sind, desto stärker muß die Wirkung seyn, weil die GröÙe der Wirkung in gleichem Verhältnisse mit den Hindernissen wächst. Aus diesem Gesetze läßt sich einigermaßen erklären, warum, wenn die unmittelbare Berührung des Muskels und Nerven Fig. 6. oder das Zurückbeugen eines Nerven gegen sich selbst (Fig. 78.) keine Contraction erregt, dieselbe sogleich eintritt, wenn (Fig. 2—5.) thierische Stoffe die Kette zwischen dem irritablen und sensiblen Organe, oder zwischen zwei Punkten von diesem bilden. Was aus dem Nerven (Fig. 5.) bei *r* ausströmt, findet ein Hinderniß, indem es durch *x*, *y* und *z* nach *s* zurück kehrt. Es häuft sich in der Kette an, bis es stark genug nach *s* durchzubrechen sucht. Wären hingegen *x*, *y* und *z* (Fig. 2. *y*, *z* und *x*) absolut vollkommene Leiter, und strömte das galvanische Fluidum ohne allen Aufenthalt frei durch sie durch, so würde keine Reizung erfolgen. Mit abnehmender Reizempfindlichkeit der Organe muß ein metallischer Bogen an die Stelle des thierischen Leiters *x* (Fig. 3.) gelegt werden. Die Kraft, welche das galvanische Fluidum (ich bezeichne es mit dem Buchstaben *G*) im Augenblicke des Durchbruchs in *s* ausübt, wird nemlich um so größer seyn, je größer das Hinderniß ist, welches dasselbe im Leiter findet, je später dies Hinderniß überwältigt wird und je größer die Menge des in den Nerven rückkehrenden *G* ist. In der Zeit *T* häuft sich weniger von jenem Fluidum

an, als in der Zeit  $n T$ , und die Ladung der Organe wird im Moment des Durchbruchs im erstern Falle  $n$  mal kleiner, als im letztern seyn. Was nun von  $G$  den Organen entzogen wird, ist im Leiter angehäuft und die Differenz in der GröÙe der Wirkung ist um  $n$  Theile verschieden.

Nach dieser Vorstellungsart bleibt der Werth von  $n$  veränderlich, wie die leitende Kette selbst, und es bedarf keiner fernern Erklärung, wie heterogene Metalle und zwar völlig ungleichartige (als Gold und Silber, Zink und Nickel) wirksamer als homogene, oder gleichartigere (als Gold und Silber, Arsenik und Kobalt) sind. Die sogenannte Excitationskraft dieser Stoffe scheint mir nemlich allein auf dem Verhältnisse ihrer Aneinanderreihung, auf der Schwierigkeit zu beruhen, welche das galvanische Fluidum findet, um von einem in den andern überzugehen. Auffallend schien es z. B. dafs bei minderer Erregbarkeit der Fall Fig. 1. negativ ist und dafs der Erfolg sogleich positiv wird, sobald (wie Fig. 28.) noch ein Metall  $c$  unter dem Muskelfleische liegt; oder sobald (wie Fig. 79.) die Metalle  $m$  und  $l$  sich irgendwo in der Mitte der Kette unmittelbar berühren. Die Leichtigkeit, mit welcher das Fluidum  $G$  vom Nerven durch einen homogenen metallischen Bogen in den Muskel strömt \*) (Fig. 16.) läfst mich vermuthen, dafs dasselbe weniger Hindernisse bei seinem Uebergange aus einem Metalle in einen thierischen Stoff, als aus einem Metalle in ein heterogenes findet. Kein Wun-

\*) — eine Leichtigkeit, von der das Ausbleiben aller Contractionen so oft die Folge ist.

der daher, daß erst die Anhäufungen in *a*, *c* (Fig. 28.) und *l*, *m*, (Fig. 79.) dem Strome Kraft genug geben, die Organe zu stimuliren.

Ich bin weit davon entfernt, diese Theorie für eine vollständige Erklärungsformel auszugeben; doch kann ich der Hoffnung nicht entfangen, dem Wesen des Galvanismus dadurch um einige Schritte näher gerückt zu seyn. Meine Vorstellungsart von einem in den Organen angehäuften Fluidum, von einer Verstärkung des Stroms durch Hinderniß ist von der, welche andere Physiker geäußert haben, so verschieden, daß sie den Einwendungen, welche jene treffen, gänzlich entgeht. Sie beruht auf der Analogie von Thatfachen, die eben so einfach, als unzweideutig sind. Dennoch glaube ich keinesweges das ganze Problem der Excitationskraft aufgelöst zu haben. Verwickelte Erscheinungen können mehr als eine Ursache haben, und es ist immer Gewinn genug, eine davon zu errathen.

Ich halte es für erwiesen, daß in den erregbaren Organen, so lange sie erregbar sind, ein gewisses Fluidum enthalten ist; ich glaube, daß dasselbe im natürlichen Zustande der Theile in dem Muskel und Nerven in ungleicher Menge angehäuft ist, so daß Muskel und Nerv gleichsam als ungleich geladen zu betrachten sind. Diese Ungleichheit ist bei der organischen Verbindung der sensiblen und irritablen Fasern sehr wohl denkbar, wenn man erwägt, daß hier von belebten Theilen die Rede ist. In dem Nerven und Muskel geht nemlich eine continuirliche

Mischung und Zerfetzung von Stoffen vor, und da dieser chemische Lebensproceß in jedem Organe anders modificirt ist, da das galvanische Fluidum ein Hauptagens dabei zu seyn scheint; so folgt daraus von selbst, daß in jedem Zeittheilchen eine mehr, oder minder ungleiche Vertheilung von G im Nerven und Muskel statt finden kann. Auf eine ähnliche Weise werden zwei sich berührende tropfbare Fluiden z. B. Oel und Wasser immerdar eine ungleiche Quantität freier Wärme am Thermoskop zeigen, wenn in beiden unaufhörliche Niederschläge erfolgten, das heißt, wenn sich durch den Uebergang flüssiger Massen zum festen Zustande immer der Wärmestoff in ihnen entbindet. Das Gleichgewicht kann nicht erfolgen, da beide Flüssigkeiten eigenthümliche Quellen von Wärmestoff in sich enthalten. Wird die Spitze eines Nerven (Fig. 78.) mittels isolirender Körper gegen sich selbst zurück gebogen, so wird keine Reizung erfolgen, weil der Theil *ab* eine ähnliche Ladung, (das heißt, Anhäufung des Fluidums G) als der Theil *cd* hat.

Eben dieser Zustand der Ruhe äußert sich, wenn man den Bauch eines Frosches öfters und den Schenkel gegen die entblößten, aber mit leitenden thierischen Theilen umgebenen, in ihrer natürlichen Lage befindlichen Ischiadnerven zurückbeugt. Durch dieses Zurückbeugen kann keine Reizung bewirkt werden. Ein Muskel tritt dadurch bloß mit einem Nerven in Contact, mit dem er schon an dem Insertionspunkte organisch verbunden ist. Waren die natürlichen Ladungen beider Organe so

verschieden, daß gewaltsame Entladungen daraus erfolgen könnten, so würden dieselben sich schon durch Contractionen äußern, wenn man die Maschine sich selbst überliesse, da die Insertion des Nerven eine leitende Verbindung darbietet. Aus der vorhergegangenen Ruhe läßt sich also schließen, daß auch das Zurückbeugen des Schenkels das Gleichgewicht nicht mehr, als die organische Verbindung stören kann.

Andere Verhältnisse treten ein, wenn man die Ischiadnerven so präparirt, daß sie frei durch die Luft gehen. Nun bringt das vorige Experiment sogleich eine fibröse Erschütterung hervor. Denn wenn (Fig. 80.) in der belebten Nervenfafer, *cab*, in dem frei präparirten Theile, *ab*, und dem in Muskelfleisch eingehüllten, *ac*, in gleichen Zeiten gleiche Mengen von *G* organisch abgefondert werden, so muß *ab* doch stärker geladen seyn, als *ac*. Jener Theil ist nemlich durch Luft isolirt, dieser von leitenden Stoffen umgeben. In jenen bleibt das galvanische Fluidum angehäuft, diesen wird es in jedem Augenblicke geraubt. In den ersten Minuten nach Entblösung des freien Nerven ist also die Differenz der Ladung bei *b* und im Muskel sehr verschieden. Wird daher in dieser Zeit der Schenkel gegen den Nerven zurück gebogen, so muß eine Entladung folgen. Bleibt der Nerv länger entblöst, so hört jene beträchtliche Differenz der Muskel- und Nervenladung auf. Der isolirte und überladene Theil, *ab*, gibt nemlich nach und nach von seinem *G* an *ac* und an den Muskel *ab*, und geschieht der Versuch

später, so kann demnach keine Reizung erfolgen. Mit dieser Theorie stimmt die Erfahrung vollkommen überein. Je entfernter das entblößte und isolirte Nervenstück, *ab*, von dem Muskel ist, der gegen ihn zurück gebeugt werden soll, desto später wird das Gleichgewicht durch die organische Verbindung hergestellt werden können, desto längere Zeit besteht also auch die große Differenz zwischen der Muskel- und Nervenladung. Hierin scheint mir der Grund zu liegen, warum der Versuch (Fig. 6.) der Contact eines Muskels mit dem nächsten Theile seiner Nerven noch nie, wie der Versuch mit dem Ichiadnerven geglückt ist. Ruht der Nerve auf einer untergelegten Zinkplatte, so bringt das Zurückbeugen abermals keine fibröse Erschütterung hervor. Warum? Weil der Zink *G* ableitet und die erforderliche Differenz der Ladung nicht eintritt.

Diese Vorstellungsart, auf welche die einfachste Erfahrung gleichsam von selbst hinführt, eröffnet der Nerven-Physiologie und Pathologie ein neues Feld der Untersuchung. Statt daß die Volta'sche die thierischen Organe als todte Masse (wie feuchte Schwammstücke, oder Bindfaden) betrachtet, so schildert uns jene die Erscheinungen des Galvanismus als eigentliche Wirkungen der Vitalität. Sie zeigt uns die Möglichkeit, wie die Willenskraft durch eben das Medium Muskelbewegung hervor bringt, durch welches der Metallreiz wirkt. Geht nehmlich gleichzeitig mit der Idee des Willens, in der thierischen Maschine ein Proceß vor, durch welchen entweder



im Bewegungs-Nerven selbst mehr Fluidum G abgefordert, oder in denselben aus dem Hirne geleitet wird; so wird der inserirte Muskel durch Mittheilung davon empfangen und seine Contraction wird mehr, oder minder heftig seyn, je nachdem das Maass mehr, oder minder überschritten wird. Dauert die Absonderung im Nerven (oder Hirne) wie bei anhaltendem Drucke fort, so wird die Annäherung der Elemente, oder die Verkürzung der Längenfaser (die Turgescentz) permanent seyn. Strömt hingegen nicht anhaltend neues G aus dem Nerven in den Muskel, so wird das empfangene G wieder gebunden (oder verflüchtigt) und die Elemente treten wieder aus einander, das heisst, die Fiber erschlaft.

Das Phänomen der Turgescentz (oder der Verkürzung der Längenfaser) lässt sich als Folge einer chemischen Mischungsveränderung, als Folge einer sich ungehindert äussernden Attractionskraft betrachten. Ich werde am Schlusse dieses Werks eine grosse Anzahl chemischer Versuche erzählen, welche diesen Satz zu begründen scheinen. Hier ist es genug, ihn nur mit wenigen Worten anzudeuten. Die verschiedenen Elemente der Muskelfiber (Phosphor, Kalkerde, Bittererde, Kohlenstoff, Azote, Hydrogen und Oxygen) haben wie alle irdische Substanzen, eine Neigung, sich inniger mit einander zu verbinden, oder näher an einander zu rücken. Da jedes Element eine besondere Ziehkraft nicht nur gegen ein gleichartiges, sondern auch gegen ungleichartige aufert; da ferner diese Kraft durch räumliche Entfernung der Theile und durch Mitwirkung des Wärme-

stoffs, der Elektricität, vielleicht auch des Lichtstoffs modificiret wird; so entsteht daraus eine Summe von zusammengesetzten Kräften, die sich gegenseitig beschränken und von deren Selbstbeschränkung der jedesmalige schlaffere, oder verkürztere (härtere) Zustand der Muskelfaser abhängt. So oft also eine Mischungsveränderung in derselben vorgeht, sey es, daß alte Stoffe abgeschieden werden, welche der Ziehkraft anderer entgegen wirkten, oder daß neue anneigende Stoffe sich zu mischen; so müssen die Elemente näher aneinander rücken und die Längenfaser muß sich verkürzen. Wer mit den chemischen Veränderungen in der unorganischen Natur nur einigermaßen bekannt ist, wird sich an hundert analoge Fälle erinnern. Wir sehen chemische Affinitäten nur bei einer bestimmten Beimischung von Kohlen säure, nur unter einer bestimmten Temperatur (Anhäufung des Wärmestoffs) wirken. Wie viel mannigfaltiger müssen die Bedingungen seyn, welche bei den zusammengesetzten, gespannten Affinitätsverhältnissen der thierischen Materie eintreten!

Da viele Erfahrungen lehren, daß durch Muskelbewegung Oxygen abgeschieden und latent gemacht, oder das Blut entsäuert wird, und da das galvanische Fluidum das Hauptagens bei der Muskelbewegung ist; so vermuthe ich, einen ähnlichen Zusammenhang zwischen jenem Fluidum und dem Sauerstoffe, als zwischen dem letzteren und der Elektricität. Ich vermuthe, daß durch Zumischung von G die Verbindung des Hydrogens und Azo-

tes \*) mit dem Oxygen befördert wird, und daß diese Elemente der Fiber dadurch näher aneinander rücken, etwa wie der elektrische Funke luftförmig ausgedehnte, von einander entfernte Substanzen Sauerstoff und Stickstoff, oder Sauerstoff und Wasserstoff in tropfbare Salpetersäure und tropfbares Wasser zusammen drängt. Die Verkürzung der Fiber kann indess nur momentan seyn, da die oxydirten Elemente, welche durch das galvanische Fluidum sich genähert haben, organisch abgeschieden werden und ihre Stelle durch neues Oxygen, Azote und Hydrogen ersetzt wird. Auf jede Contraction folgt daher Erschlaffung,

Nach dieser Vorstellungsart wird Stärke und Schwäche der fibrösen Erschütterung mannigfach modificirt. Je größer die Menge der Stoffe  $x$  und  $z$  ist, welche durch Beimischung von  $G$  ihren Aggregatzustand ändern, desto stärker wird die plötzliche Contraction seyn. Da in der Muskelfaser so gut, als in der Nervenfasern, aber in geringerer Quantität,  $G$  abgefondert, oder hervorgebracht wird, so gehen, auch ohne Einwirkung der Nerven, in den Muskeln, von selbst jene Veränderungen des Aggregatzustandes von  $x$  und  $z$  vor. Sie geschehen allmählig, und sind zu unbedeutend, um Contractionen

zu

\*) Ich hätte statt des Hydrogens und Azotes eben so gut den Kohlenstoff, oder Phosphor, oder alle diese Substanzen zugleich nennen können. Ich rede an mehreren Stellen dieses Abschnitts nur deshalb bestimmt, weil unter der beständigen Enumeration möglicher Fälle die Deutlichkeit und der Zusammenhang leidet.

zu erregen. Sie bestimmen bloß den perpetuirlichen Zustand der Härte und Weiche, der Consistenz, den Ton der Fiber, der bei verschiedenen Individuen so verschieden ist. Setzen wir nun die Menge von  $G$ , welche aus dem Nerven plötzlich in den Muskel strömt, als eine beständige GröÙe  $= r$ , so wird dies  $r$  eine stärkere Muskelbewegung erregen, wenn es viel, eine schwächere, wenn es wenig noch unverbundenes  $y$  und  $z$  einer Muskel antrifft. Hieraus wird erklärbar, wie die Abnahme von  $G$  im Muskel eben so wichtige Folgen nach sich ziehen kann, als die absolute Zunahme von  $G$  im Nerven oder Hirne.

Die Ursachen einer krankhaften Muskelbewegung sind demnach sehr complicirt. Bei unwillkürlichen krampfhaften Zusammenziehungen kann der Grund im Muskel, oder im Nerven, oder in beiden zugleich liegen. Wird nemlich in dem krankhaften Nerven auf einmal (ohne respondirende Idee in der Seele) zu viel  $G$  abgesondert, so strömt es von selbst in die Muskelfaser, und erregt eine Erschütterung. Ist in der Mischung der Muskelfaser eine solche Veränderung vorgegangen, daß in derselben von Zeit zu Zeit weniger  $G$  als gewöhnlich, abgeschieden wird, so muß eine Entladung aus dem Nerven erfolgen, falls in solchen Momenten die Differenz des Fluidums in beiden Organen beträchtlich z. B.  $\gg q$  ist. Endlich können auch, in gewissen pathologischen Fällen, die Elemente der Längenfaser selbst durch Zumischung aneignender Stoffe ihre Affinitätsverhältnisse so abändern, daß die An-

näherung schon bei einer Anhäufung von  $G$  (Temperatur) kleiner, als  $y$ , etwa  $\gt \frac{q}{n}$  vor sich geht. Bei der schrecklichen Kinderkrankheit <sup>\*)</sup>, einer Art der Chorea, bei welcher der Patient keinen Theil seines Leibes in Ruhe lassen kann, mögen mehrere dieser Ursachen zugleich wirken. Auch zeigt sich hierbei recht deutlich die Existenz jenes regsamem, bei seiner schnellen Anhäufung so furchtbaren Fluidums  $G$ . Werden dem Kinde die Beine fest zusammengebunden, so nehmen die Bewegungen der Arme und die Verzerrungen der Gesichtsmuskeln zu. Da die Contractionen gehindert sind, so wird das Fluidum nicht verzehrt, oder latent gemacht; es strömt also in andere Theile, und-erregt dort oft schmerzhaft Reizungen. Von der Gefühlschwäche, welche nach der willkürlichen Muskelbewegung sowohl, als nach den krampfhaften Entladungen zurückbleibt, rede ich hier nicht, da ich unten darauf zurückkomme. Muskelschwäche und gehinderte Muskelbewegung kann auf ähnliche Art in dem krampfhaften Zustande des sensiblen, oder irritablen Organs gegründet seyn. Der Nerve (oder das Hirn) kann entweder nicht die gehörige Menge von  $G$  absondern, um die Temperatur  $\gt q$  zu erreichen, oder die Elemente der Fiber können so modificirt seyn, daß sie eine weit höhere unerreichbare Temperatur z. B. eine  $\gt q^n$  verlangen, um ihrer Anziehungskraft

<sup>\*)</sup> Hufeland's Bemerkungen über Kinderkrankheiten, S. 62. Schäffer in der Salzburg. med. chirurg. Zeitung 1793. Beilage zu Nro. 92. Pfündel im Journal der praktischen Heilkunde B. 2. St. 2. S. 243. und besonders 252.

gegenseitig zu folgen, oder der Muskel kann endlich selbst so viel  $G$  absondern, daß der Nerv die Differenz  $\triangleright q$  nicht erreichen, und daher kein unverbundenes  $y$  und  $z$  antreffen kann. Der letzte Fall mag oft bei gelähmten und dabei nicht nur schlaffen, sondern sogar entzündeten harten Muskeln statt finden. Wie einseitig würde man die Natur thierischer Kräfte beurtheilen, wenn man solche pathologische Zustände einer einfachen Sthenie und Asthenie der Nerven zuschreiben wollte! Doch, ich kehre zu meinen Erklärungen des Galvanismus zurück.

Wird ein metallischer Bogen  $v$  (Fig. 7.) an zwei Punkte eines entblößten Nerven  $r$  und  $s$  angeschoben, so werden die metallischen Theile dieses Bogens eine Anziehung gegen das im Nerven angehäufte Fluidum  $G$  ausüben. Das Fluidum wird, dieser Ziehkraft folgend, bei  $r$  und  $s$  austreten, um in  $v$  einzudringen. Diesem Eindringen stellen sich Hindernisse in den Weg, die Theile des Bogens um  $v$ , welche noch nicht vom  $G$  durchdrungen sind, fahren fort, auf das Fluidum, aus der Entfernung zu wirken, dasselbe häuft sich demnach in  $m$  und  $n$ , wie vor einem Damme, an. Durch diese Anhäufung würde nicht nur das Nervenstück  $r t s$ , sondern auch der inserirte Muskel  $l$  in einen Zustand des Mangels, in einen Zustand  $-G$  gesetzt werden, wenn die vitalen Actionen nicht diesen Mangel augenblicklich wieder ersetzen. Geschieht nun an einem Punkte  $n$ , oder  $m$  (wo zufällig das Hinderniß am überwindlichsten ist,) der Durchbruch des Stromes, so kehrt das im Bogen angehäufte  $+G$  in den Nerven und

Muskel zurück. Dadurch werden beide Organe auf einmal wieder erhalten, was sie verloren. Wird aber dadurch die absolute Anhäufung von  $G$  im Muskel, das Maafs, über welches nur der Aggregatzustand der Elemente  $x$   $z$  merklich sich ändert, überschritten? Allerdings, denn während der Anhäufung des Fluidums im Bogen, geht die vitale Absonderung desselben in den Organen fort, und nach dem Durchbruch (wenn man die durchbrechende Menge  $= r$  setzt) wird die Temperatur der Organe nicht mehr  $= q$ , sondern  $= q + r$  seyn.

Auf eine ähnliche Weise läßt sich die Möglichkeit des Versuchs Fig. 9. oder der Reizung ohne Kette einsehen. Das Galvanische Fluidum strömt mit ziemlicher Leichtigkeit aus dem Nerven in das eine \*) Metall  $M$ , mit Schwierigkeit aus einem Metalle in ein anderes, nicht ganz homogenes ein. Nach dem Contacte von  $M$  und  $N$  zieht  $N$  neues  $G$  an. Dieses  $G$  wird dem Nerven durch den Muskel, diesem aber durch die organische Absonderung ersetzt. Bei t entsteht eine Anhäufung von  $G$ , weil das Fluidum ein Hinderniß findet, aus einem Metalle in das andere einzuströmen. Da die Masse von  $N$  (man erinnere sich an die Analogie der Gravitation,) fortfährt, aus der Entfernung auf das in  $M$  befindliche

\*) Ich sage mit Vorbedacht, mit ziemlicher Leichtigkeit; denn selbst ein sehr geringes Hinderniß kann eine Anhäufung veranlassen, die stark genug seyn kann, wirksam zu reizen. Daher ist es sehr denkbar, daß die oben angegebenen Versuche, in denen der Nerv allein eine Quecksilberfläche berührt, nur einmal wirksam angestellt werden.

**G** zu wirken, so muß sich dieses in höherem Maasse in *t*, in minderem in *M* vermehren. Geschieht nun der Durchbruch, so wird das in *t* angehäuften Fluidum hinlänglich seyn, um *N* gleichsam zu sättigen; das in *M* angehäuften strömt, von keiner Kraft mehr gezogen, in den Nerven, und aus diesem in den Muskel zurück, wo es die Temperatur *q* vermehrt.

Hat *G* einmal seinen Weg durch den Bogen *m r n* (Fig. 7.) gebahnt, so strömt es ohne Hindernis durch denselben durch, so lange die einzelnen Theile des Fluidums sich aufeinander folgen. Es können demnach, so lange die Kette geschlossen ist, keine Reizungen erfolgen. Wird aber die eine Seite des Bogens *n* vom Nerven entfernt, und zum zweitenmale an *s* herangebracht, so wird ein neues Hindernis im Ueberströmen aus dem Metalle in den Nerven bei *s*, und durch dieses eine neue Muskelerstütterung veranlaßt werden. Eben so bleibt der Schenkel (Fig. 9.) in Ruhe, bis auf *N* ein neues Metall *o* aufgesetzt wird. Denn *M* und *N* waren nun einmal von *G* durchdrungen, und erst das noch undurchdrungene Metall *o*, welches sich mit *G* zu sättigen strebt, kann einen plötzlichen Durchbruch nach *O*, und ein Zurückströmen in *P* veranlassen. Wird aber, wenn die Kette geschlossen, und der Schenkel in Ruhe ist, ein anderes dem Muskelleiter homogenes Metall zwischen die Nervenarmatur *n* und dem Muskel geschoben, so wird jene Ruhe nicht unterbrochen. Das Fluidum findet nemlich keinen Widerstand, um von dem neuen Leiter durch die, schon mit *G* durchdrungene Nervenarmatur zu



strömen. — Wird die geschlossene Kette geöffnet, und (Fig. 7.) der Leiter  $n$  vom Nerven entfernt, so entsteht bei der Entfernung bisweilen eine Contraction. Sobald sich nemlich eine dünne Luftschicht zwischen  $n$  und  $s$  drängt, so strömt aus der Spitze etwas  $G$  aus, und dies  $G$  wird vom Nerven aufgenommen. Vergleiche den Versuch Fig. 65.

Warum nach dieser Vorstellungsart von Verstärkung durch Hinderniß, mit abnehmender Lebenskraft, Metalle, statt thierischer Theile, heterogene, statt homogener gebraucht werden müssen, habe ich schon oben erläutert. Nur der Hauchversuch und die mit ihm zusammenhängenden Versuche werden hier noch eine besondere Aufmerksamkeit verdienen. Die Ketten:

- 1) Nerv. P. p. P. oder Nerv. P. p. P. p. P.
- 2) Nerv. P. H. p. H. P. und
- 3) Nerv. P. H. P.

sind bei geringer Reizempfänglichkeit der Theile negativ, dagegen erfolgen Muskelerfütterungen in den Ketten:

- 4) Nerv. P. H. p. P. und
- 5) Nerv. P. p. P. p.

Die Ursachen dieser Phänomene scheinen mir folgende zu seyn. In  $n$  2 und 3 ist das Hinderniß, welches die Kette dem Fluidum entgegensetzt, sehr geringe, da es nicht unmittelbar zwischen heterogenen Metallen circulirt, sondern von einem Metalle in thierische Theile mit Leichtigkeit übergeht. In

n 4 und 5 wird das Durchströmen genugsam gehindert, und die Anhäufung vor dem Durchbruche wird groß genug seyn, um auch bei der schwächsten Erregbarkeit noch Muskelbewegungen zu erwecken. In der Kette n 1 kommen zwar ebenfalls, wie in n 5, aneinander gränzende heterogene Metalle vor; aber in den homogenen Metallen  $PP$ , welche an den Organen anliegen, scheint mir der Grund zu liegen, warum in n 1 die Zeit der Anhäufung kürzer, oder das Hinderniß geringer, als in n 5 seyn muß. Im letztern wird das Fluidum nicht mit gleicher Leichtigkeit aus dem Nerven durch  $p$  nach  $P$ , als durch  $P$  nach  $p$  strömen. Je später der Strom von  $p$  her, dem von  $P$  kommenden entgegenwirkt, desto länger wird die zwischen beiden liegende Masse von  $G$  undurchdrungen bleiben, oder desto länger wird sie ihre Ziehkraft in der Entfernung ausüben. Rückt aber in n 1 der Strom von beiden Seiten der Kette fast mit gleicher Schnelligkeit gegen die Mitte zu, so wird, da dann alle Theile der Leitung schneller von  $G$  durchdrungen werden, die Anhäufung von  $G$  weit geringer, ja bei minderer Erregbarkeit der Organe zu gering seyn, um eine Contraction des Muskels hervorzubringen. Die Annahme, daß ein Fluidum leichter von einem Stoffe  $p$  nach  $P$ , als von  $P$  nach  $p$  gelangen kann, ist nicht bloß hypothetisch, sondern auf Analogie gegründet. Indem ich über die Modification experimentirte, welche die Elektrizität bei ihrem Durchgange durch verschiedene Leiter erleidet, führte mich ein Zufall auf folgende Erfahrung. Die Blätt-

chen eines Bennetschen Elektroskops entfernen sich gleich weit von einander, man mag das  $\pm E$  erst durch Zink, und dann durch Silber, oder umgekehrt, hineinleiten. Wie irrig würde man deshalb auf Gleichheit der elektrischen Wirkung schliessen. Man bediene sich eines feipern Elektroskops, der freien Zungenwärzchen, und lasse die  $E$  aus dem Conductor durch beide Metalle, so in dieselbe einströmen, dass einmal der Zink und einmal das Silber die Zunge unmittelbar berührt, so wird man die erste Reizung ungleich stärker als die letzte empfinden! — Noch muss ich erläutern, warum die so ähnlichen Ketten:

Nerv. P. p. P. und Nerv. P. H. p. P.

ungleich wirken. Auch hier ergiebt sich der Grund aus der einfachen Idee der Leitung. In der erstern Kette übt der mittlere Theil des Bogens  $p$  nach beiden Seiten gleiche Ziehkraft aus, weil Metall an Metall gränzt. In der zweiten Kette wird die Ziehkraft auf der einen Fläche durch  $H$  gemindert. Der eine Strom rückt also langsamer, als der andere an; der eine kommt dem andern weniger zu Hülfe, der mittlere Theil des Bogens bleibt länger undurchdrungen, und das grössere Hinderniss muss die grössere Explosion veranlassen.

Aus diesen Betrachtungen über die Wirkung fremdartiger (leitender und halbleitender) Stoffe auf das galvanische Fluidum folgt: dass die Contractionen erfolgen, wenn auch (Fig. 7.) der Strom von  $s$  und der von  $r$  zu gleicher Zeit durchbrechen, und

dafs das Strömen so  $\leftarrow$  oder so  $\rightarrow$  hin, hier gar keine nothwendige Bedingung ist. Geschiehe nemlich der Durchbruch von beiden Seiten zugleich und hielten sich die beiden Ströme in  $v$  auch wirklich das Gleichgewicht, so mufs doch eine Muskelbewegung erfolgen. Denn da das, einmal von  $G$  durchdrungene Metall aufhört aus der Entfernung zu wirken, so wird das vor dem Durchbruche bei  $m$  und  $n$  angehäuften  $G$  grösstentheils in den Nerven zurückströmen und die Temperatur  $y$  vermehren. Nach welcher Seite hin aber diefs Zurückströmen geschieht, ist ganz gleichgültig. Genug dafs die Quantität  $y$  überfliegen wird. — Um endlich der Einwendung zu begegnen, dafs alles im Leiter angehäuften  $G$  auch nachmals zu seiner Sättigung in ihm gebunden bleibe, werfe man einen Blick auf Fig. 81. Wenn das Fluidum bereits von  $m$  bis  $o$  und von  $n$  bis  $p$  vorgerückt und bei  $o$  und  $p$  angehäuften ist, so fährt der mittlere undurchdrungene Theil  $ovp$  fort, seine Ziehkraft nicht blofs auf  $o$  und  $p$  sondern auch bis  $q$  und  $r$  und  $m$  und  $n$  auszuüben. Ein Magnet wird in  $v$  zu gleicher Zeit auf Eisen in  $q$  wirken, wenn ihm auch noch so viel magnetische Nadeln in  $o$  nahe sind. Ein mit  $+E$  geladener Conductor wird negativ geladene Körper in  $q$  und  $m$  anziehen, wenn ihm auch ähnliche in  $o$  näher sind. Geschieht nun endlich der Durchbruch des Fluidums  $G$ , so wird der Theil  $ovp$  von  $G$  durchdrungen. Zu dieser Durchdringung braucht nur ein kleiner Theil von dem, in  $o$  und  $p$  angehäuften verwandt zu werden. Die Ziehkraft, welche  $ovp$  in seinem vorigen Zustande ausübte, fällt nun weg und alles in  $o$ ,  $q$ ,  $m$ ,  $p$ ,

r und n überschüssige G kehrt in den Nerven zurück \*).

Wenn ich den verschiedenen Erfolg der Ketten Nerv. P. p. P. und Nerv. P. p. P. p. durch den Unterschied erkläre, daß in der ersten der eine Strom dem andern früher, als in der zweiten entgegen kommt, so stütze ich mich hierbei, außer der Wahrscheinlichkeit, welche in der Sache selbst liegt, auch noch auf einen besondern Versuch. Ist in der zweiten Kette P und p wirklich ungleich, p aber ein noch besserer Leiter als P, so wird die Contraction eben so gut, als in der ersten Kette, ausbleiben. Man setze z. B. für P und p Silber und Gold, so erfolgt Ruhe. Die Leitungskraft dieser beiden Metalle ist, wie andere Versuche lehren, sich entweder sehr gleich, oder (da ein einfacher homogener Bogen von Gold früher aufhört zu wirken, als ein silberner) Gold ist wahrscheinlich ein noch vollkommenerer Leiter als Silber. In dem ersten Falle sind die Ketten Nerv. P. p. P. und Nerv. P. p. P. p. identisch; in dem zweiten rückt der Strom, welcher vom Golde herkommt, dem andern noch früher und weiter entgegen, als wenn P und p homogen wären. Der Durchbruch muß also noch früher erfolgen und die Reizung noch schwächer, als in der ersten Verkettung.

\*) Sollen die Versuche mit der Kleist'schen Flasche eben so genau zergliedert werden, so bedeute  $np$  und  $mo$  vollkommene Leiter,  $po$  aber einen Halbleiter, die  $+E$  wird nun auf einmal bis  $p$ , die  $-E$  bis  $o$  gelangen. Der Durchbruch durch  $op$  selbst ist ebenfalls Folge einer *actio in distans*, deren Möglichkeit metaphysisch erwiesen ist. Vergl. Kant's Anfangsgründe der Naturw. S. 59.

tung seyn. Dafs es bei diesem Entgegenrücken der Ströme gar nicht auf die absolute Länge der Leitungen ankommt, bedarf keiner Erinnerung. Eine grössere Masse wird einen längern Weg vorlegen, aber auch eine grössere Ziehkraft ausüben.

Ich habe im vorigen darauf aufmerksam gemacht, dafs wenn (Fig. 7.) der Strom von beiden Seiten  $n$  und  $m$  zugleich nach  $v$  hin durchbricht, alles überschüssige  $G$  auch von beiden Seiten wiederum in den Nerven zurück fliefsen würde. Ist hingegen das eine Ende des Bogens, z. B.  $n$ , ein besserer Leiter als  $m$ , und ist, wenn der Durchbruch geschieht, der Strom von  $n$  aus bereits weiter, als der von  $m$  her vorgedrückt, so ist es denkbar, dafs der erstere vom letzteren überwältigt wird und dafs nun das überschüssige  $G$  nur von einer Seite her zurückkehrt. Im ersten Falle wird also alles  $G$  in einen Punkt der erregbaren Organe concentrirt, im zweiten wird es auf zwei Punkte vertheilt. Liegen diese beiden Punkte nahe neben einander, so wird die Wirkung, wie bei einem seyn, weil alles empfangene  $G$  sich so schnell concentrirt. Je entfernter aber die Punkte sind, desto schwächer wird sich die Reizung zeigen. Durch diese Betrachtungen erklärt sich einigermassen der schöne Versuch des Herrn Volta, bei welchem die beiden Frosch-Extremitäten in zwei Weingläsern liegen und der silberne Bogen, an beiden Enden, bald mit einer Säure, bald mit zwei verschiedenen bestrichen wird. Sind (Fig. 82.) die Säuren  $m$  und  $n$  völlig gleich, so wird der Durchbruch zugleich ge-

schehen, das galvanische Fluidum, welches sich in  $v$  gleichsam begegnet, oder stauet, wird zu beiden Seiten, nach  $m$  und  $n$ , in die Organe zurück fließen. Diese Quantität von  $G$ , welche aus  $m$  ausflömt, sey  $= x$ , die aus  $n = z$ . Die Temperatur der untern Extremität nimmt also bei diesem Versuche nur um  $z$  zu. Ist der Bogen  $v$  hingegen in zwei verschiedene Säuren  $m$  und  $n$  getaucht, so überwindet der Strom von einer Seite zuerst das Hinderniß; der durch  $m$  früher durchbrechende reißt den, von  $n$  her kommenden mit sich fort, und nun empfängt die untere Extremität nicht mehr  $z$ , sondern  $z + x$ . Aus diesem plötzlichen Eindringen einer größern Menge von  $G$  wird die stärkere Reizung sehr erklärbar. Ja dieselbe würde gleich stark bleiben, wenn bei der beschriebenen Vorrichtung die zwei Einströmungspuncte auch noch so nahe an einander lägen. Jede Extremität ist nemlich in Wasser getaucht und bei gleichen Stoffen  $m$  und  $n$  würde von dem  $z$ , welches der Nerv empfangen hätte, unter solcher Ableitung, schwerlich viel nach den organisch verbundenen Theilen im andern Glase übergegangen seyn.

Die Frage, ob im natürlichen Zustande der Muskel mehr galvanisches Fluidum als der Nerv enthalte, scheint nicht allgemein beantwortet werden zu können, da es ihr an Bestimmtheit fehlt. In dem Augenblicke, da die Willenskraft eine Muskelbewegung hervor bringt, halte ich die Ladung der Nerven für stärker, da denn mehr  $G$  in denselben erzeugt oder aus dem Hirne in ihn geleitet wird. Ist aber die Entladung (sey es willkührliche, oder krampfhaft)

geschehen, so hört jene starke Anhäufung auf. Wird ein Theil der Nerven frei heraus präparirt, so dafs er von der Luft, einem isolirenden Medium, berührt wird, \*) so nimmt die Ladung dieses Theils wieder zu, weil (Fig 80.) in *a b* und *c a* gleichviel *G* durch den Vitalitätsprocess abgefordert, aber in *a b* weniger abgeleitet wird. Dieses Uebergewicht der Ladung im Nerven, erhält sich auch in der Folge. Zwar bleibt es nicht so grofs, als es in den ersten Minuten nach der Entblöfung war, weil die Nervenfasernach und nach durch ihre organische Verbindung von ihrem *G* an den Muskel abgiebt. Das völlige Gleichgewicht wird aber nie hergestellt, da die Isolation in jedem Augenblicke zu wirken fortfährt, und sich dagegen der Muskel gar noch in einem perpe-  
tuirlichen Zustande der Verdampfung befindet. Dieser Unterschied der Ladung äufsert sich sehr auffallend bei Schließung der Kette. Fängt man dieselbe (Fig. 84. und 83.) vom Muskel zu schließsen an, so ist die Contraction heftiger, als wenn Fig. 85. das Silber *N* erst die Nervenarmatur *M* und dann den Schenkel berührt. In den ersten beiden Fällen geschieht nemlich der Durchbruch vom schwächer geladenen Muskel her, also dauert die Anhäufung länger, und der Effect ist gröfser, als im letzten Falle, wo der stärkere Strom schneller durchbricht. Wegen Relation der Begriffe von Kraft und Hindernifs kann man die Kraft als gleich, und die Hindernisse als verschieden betrachten.

\*) Auch der elektrische Zitterfisch wirkt viermal stärker in der Luft, als im Wasser.



Aus der ungleichen Ladung des Muskels und Nerven wird auch erklärbar, warum es nicht gleichgültig für den Effect ist, wie  $P$  und  $p$  an den Organen vertheilt sind, ob Silber, oder Zink in der Kette Nerv.  $P. p.$  am Muskel anliegt. Strömt nemlich das galvanische Fluidum leichter in ein Metall, als in ein anderes, leichter in  $P$  als  $p$  ein, so muß das Hinderniß und also auch die Reizung grösser seyn, wenn  $p$  und nicht  $P$  dem aus dem Nerven strömenden schwächern  $G$  entgegen steht.

Die verschiedene Masse der Leitung modificirt ebenfalls die Stärke der Contractionen. Länge des Bogens, oder Breite desselben, wo er die Organe nicht berührt, sind gleichgültige Bedingungen. Die längere Kette wird zwar mehr  $G$  anhäufen, weil der undurchdrungene mittlere Theil desto grösser bleibt und desto stärker zieht. Die Zeit, in der die Anhäufung geschieht, wird aber auch um so kürzer seyn, da auf einem Puncte um so mehr  $G$  concentrirt wird, und daher der Durchbruch desto schneller geschieht. Die Quantität  $G$ , welche zur Sättigung des metallischen Bogens gehört, oder welche nach geschehenem Durchbruche in ihm verweilt, ist nemlich unveränderlich, nicht aber die, welche das gegebene Hinderniß überwältigt. Eine kleinere Kraft kann, vortheilhaft angewandt, eine Wirkung thun, welche die einer grössern übertrifft. Die Hindernisse, (Fig. 81.) welche in  $q$  und  $o$  sind, werden z. B. schwerer überwunden werden, wenn die getheilten Kräfte  $y$  und  $z$  gegen  $q$  und  $o$  pressen, als wenn auch nur ihre halbe

Summe  $\frac{1}{2} (y + z)$  auf  $q$  allein wirkt. Es ist sehr denkbar, daß bei dem plötzlichen Durchbruch durch  $g$  dann auch  $o$  nachgiebt.

Wenn die grössere Masse, oder Fläche des Leiters, wie Fig. 81. und Fig. 89. an dem Muskel selbst anliegt, so treten ganz andere Verhältnisse ein. Angenommen auch, daß in Fig. 81. 86. 87. und 89. der Durchbruch zu gleichen Zeiten, und bei gleicher Anhäufung von  $G$  im Bogen geschieht, so muß die Reizung in den beiden letzten Fällen doch stärker, als in den beiden ersten seyn. Hier strömt nemlich nach dem Durchbruch das Fluidum durch mehr Berührungspuncte, also auf einmal in grösserer Menge, in den Muskel zurück, als in Fig. 81, wo es die Rückkehr durch weniger Puncte nimmt. Im letztern empfängt z. B. der Muskel im ersten Momente nach Ueberwindung des Hindernisses nur eine Quantität  $\frac{z}{n}$ , wenn er in Fig. 89. und 87. eine Quantität  $z$  empfängt. Eine plötzlich erhöhte Temperatur muß eine stärkere Veränderung nach sich ziehen, als eine allmählig erhöhte. Ja nimmt man auf den Verlust  $x$  Rücksicht, welchen die Leitung selbst durch Verdunstung auf der Oberfläche leidet, so ist einzusehen, daß, wenn auch in jedem von  $n$  Momenten ein Quantum  $= \frac{z}{n}$  einströmt, dasselbe doch nie die Grösse  $z$ , sondern  $z - x$  betragen wird. Das  $x$  wächst aber mit der Feinheit der Spitze  $m$ , (Fig. 81.) welche die Schnelligkeit der Rückkehr von  $G$  modificirt. Die Erfahrung bestätigt auch hier die Theorie; denn bei mat.

ten Individuen ist die Breite der Muskelarmatur den Contractionen sehr günstig. Die Grösse der Nervenarmatur wirkt unmerklicher, denn da der Durchbruch in Fig. 89. und 88. wo in der ersteren die grössere Fläche gegen den Muskel, in der letztern gegen den Nerven gerichtet ist, der Durchbruch von g her, oder durch den stärkern Strom aus dem Nerven geschieht, so ist leicht einzusehen, dass es nicht gleichgültig ist, an welchem Ende des Bogens die breite Berührungsfläche liegt.

Der Umstand, dass Schlagen der Metalle, oder Erschütterung derselben den Effect bei mattern Individuen befördert, scheint ebenfalls mit dieser Theorie vereinbar. Mechanische Schwingung der Theile kann leicht dem Fluidum ein neues Hinderniss, sie zu durchströmen, setzen. Dieses Hinderniss kann selbst chemische Ursachen haben; denn wir sehen den Wärmestoff, den magnetischen und elektrischen Stoff durch Erschütterung frei werden!

Da endlich während der Anhäufung des Galvanischen Fluidums im Leiter die belebten Nerv- und Muskelfasern fortfahren, diese ihre eigenthümliche thierische Flüssigkeit organisch abzusondern, so folgt hieraus unmittelbar, dass dieses Secretionsvermögen desto häufiger in Thätigkeit gesetzt werden muss, je öfter der Galvanische Versuch angestellt, oder durch Galvanische Leiter die belebte Materie gleichsam ausgepumpt wird. Kein Wunder daher, dass bei dieser unnatürlichen Anstrengung die galvanisirten Froschschenkel früher als andere gleich präparirte in Fäulniss übergehen.

Ich

Ich wiederhole am Schlusse dieser Erklärungen die Hauptsätze dieser Theorie, welche auf einfachen statischen Begriffen von Anziehung, Stofs, Hindernifs, Geschwindigkeit und Kraft beruht und sich von andern Vorstellungsarten auch dadurch unterscheidet, dass sie die Möglichkeit zeigt, wie einerlei Verkettungen bald positive, bald negative Resultate geben können.

- 1) Der Zustand der Muskelfaser, in Hinsicht auf Erschlaffung, oder Verkürzung, wird durch die Ziehkraft, Affinität, bestimmt, welche die Elemente der Faser gegen einander äussert.
- 2) Jede Mischungsveränderung, welche in den Organen vorgeht, modificirt diese Ziehkraft. Eine plötzlich eintretende Modification derselben bringt die Erscheinung der Contraction hervor.
- 3) In der belebten Nerven- und Muskelfaser wird ein Fluidum abgefondert, welches, da beide Fasern organisch mit einander verbunden sind, aus jener in diese überströmen kann.
- 4) Dieses plötzliche Ueberströmen bei ungleicher Anhäufung verändert die Ziehkraft der Elemente und ist eine Hauptursach fibroser Erschütterung.
- 5) Bei der willkührlichen Muskelbewegung scheint gleichzeitig mit der Idee des Willens, die organische Abfondernng jenes Fluidums im Hirne, oder Nerven, plötzlich vermehrt zu werden und eine Entladung, oder ein plötzliches Ueberströmen in den Muskel zu veranlassen.

- 6) Wird ein Nerv so frei heraus präparirt, daß er von einem isolirenden Medium, Luft, umgeben ist, so wird seine Ladung dadurch vermehrt und ihre Differenz von der des Muskels kann =  $y$  seyn. Nach einiger Zeit nimmt dieß  $y$  ab, weil der Nerv in den Muskel inserirt ist und sich allmählig mit ihm ins Gleichgewicht zu setzen strebt.
- 7) Wird daher vor der Abnahme von  $y$ , ehe das Gleichgewicht wieder hergestellt ist, der Muskel mit dem Nerven in Contact gebracht, so muß eine Contraction erfolgen, und sie wird um so heftiger seyn, je entfernter der Muskel vom Nerven liegt.
- 8) Macht man eine leitende Verbindung von einem Punkte des Nerven zu dem andern, so wird das galvanische Fluidum, vom Leiter angezogen, durchzufließen sich bestreben; da es aber Hindernisse zu überwinden findet, sich anhäufen. Während dieser Anhäufung fährt die Lebenskraft fort, in dem Organe neues  $G$  abzusondern. Wenn demnach der Durchbruch geschieht und das angehäuften  $G$  zurückfließt, so muß dadurch plötzliche Ueberladung und Contraction entstehen.
- 9) Je größer die Hindernisse sind und je später der Durchbruch geschieht, desto wirksamer muß derselbe seyn. Das galvanische Fluidum scheint leicht in thierische Stoffe, schwerer in metallische, am schwersten aus einem Metalle in ein heterogenes überzufließen. Sollen demnach

bei minderer Reizempfänglichkeit die Muskelbewegungen eben so lebhaft, als bei höherer eintreten; so müssen die leitenden Kettenglieder so disponirt seyn, daß die Hindernisse für den Durchbruch des Fluidums zunehmen.

- 10) Da jede Verbindungskette an zwei Puncten mit den Organen communiciret, so entstehen zwei Ströme in entgegengesetzter Richtung. Sind dieselben völlig, oder ziemlich gleich, so ist der Effect der Reizung schwächer, weil ein Strom dem andern entgegeneilt, das Metall früher durchdrungen wird, und der Durchbruch früher eintritt.
- 11) Ist der eine Strom um vieles schwächer, als der andere, so wird er nicht bloß diesem langsamer zur Unterstützung voreilen, und dadurch den Effect mehren, sondern er wird auch, wenn endlich der verspätete Durchbruch geschieht, von jenen mit fortgerissen werden, wodurch die Reizung mehr auf einen Punct concentrirt wird.
- 12) Alle diese angegebenen mechanischen Verhältnisse schließen die Coexistenz anderer mitwirkender, chemischer Ursachen nicht aus; es ist mir vielmehr höchst wahrscheinlich, daß diese, z. B. die eigenthümliche elektrische Ladung der Metalle, ihre Temperatur, ihr Einfluß auf die Verdampfung und selbst auf Zersetzung tropfbarer Flüssigkeiten, die Hindernisse modificiren, welche das galvanische Fluidum zu einem gewaltsamen Durchbruch veranlassen.

Wer mit dem Zustande der Chemie und Physik gründlich bekannt ist, wird sich nicht wundern, wenn die Theorie bei so wenigen Datis Lücken übrig läßt, welche erst durch die künftigen Fortschritte unserer Erkenntniß in mehreren Wissenschaften ausgefüllt werden können. Ich schmeichle mir daher, daß die Vorstellungsart, auf welche ich so verwickelte Erscheinungen zu reduciren gesucht habe, statt den Wahn der Vollendung zu verbreiten und durch diesen von neueren Untersuchungen abzumahnern, vielmehr zu denselben hinleiten und die große Bahn, welche noch zu durchlaufen vor uns liegt, in hellerem Lichte darstellen soll.

Um die Aufmerksamkeit auf die bisher entwickelten Gegenstände nicht noch mehr zu theilen, habe ich mich bisher des Ausdrucks: Galvanisches Fluidum, bedient, ohne etwas über seine Natur und seine Verhältnisse zu andern längst bekannten Stoffen zu bestimmen. Jetzt ist es Zeit, auch diese zu untersuchen. Die Frage, ob die Erscheinungen des Metallreizes überhaupt auf ein überströmendes, sich zumischendes, durchbrechendes Fluidum hindeuten, oder ob dieselben nicht Kräften, die aus der Ferne wirken, durchdringenden Kräften (im Gegensatz der Flächenkräfte) zugeschrieben werden können, würde zwar die Existenz jenes Problems selbst untergraben. Sie gehört aber zu den skeptischen Fragen, deren apodiktische Beantwortung der Physik bisher unmöglich war, zu den Aufgaben, ob Licht und Wärme, Stoffe oder Wirkungen der Be-

wegung find. Ich kenne die metaphysischen Schwierigkeiten, in welche man sich bei Annahme so vieler Arten von Materie verwickelt; ich kenne die Frage, welcher Stoff den Wärmestoff ausdehnt, wenn man den Zustand der Flüssigkeit und Starrheit nicht den eigenthümlichen Attractions- und Repulsionskräften der Materie zuschreibt, ja dem Wärmestoffe allein eine Expansivkraft, der Luft eine bloß abgeleitete nicht ursprüngliche Elasticität (willkürlich) beilegt; ich bin überzeugt, daß unsere sogenannte Heterogenität der Elemente nur auf einem verschiedenen Zustand einer und derselben Materie beruht: aber ich glaube, daß bis jetzt die Naturwissenschaft dabei gewinnt, wenn man, wo man chemische Mischungsveränderungen vorgehen sieht, auf den Beitritt eigener Materien schließt.

Wenn die glänzende Epoche je eintreten sollte, in welcher chemische Wirkungen auf dynamische Gesetze und die specifische Verschiedenheit der Materien, auf die Verschiedenheit in der Verbindung der ursprünglichen Kräfte der Zurückstoßung und Anziehung, zurückgebracht werden; so wird es dem künftigen Reformator leicht seyn, auf einmal aufzuklären, was jetzt im einzelnen nur neues Dunkel erzeugen würde. So lange reden wir von Magnet-Licht- und Wärmestoff, wie der Analytiker mit unbekannten Größen rechnet. Nur müssen wir uns erinnern, daß die Existenz jener Stoffe nicht wie die des ponderablen Bleis und Zinnes erwiesen ist, und daß es vielleicht eben so wenig einen Lichtstoff, als einen Schallstoff giebt. Nur müssen wir uns hüten, wo dynami-



Auch haben, ohne jenen speculativen Strekpunct zu berühren, alle Phytiker, welche bisher über die Ursachen des Metallreizes theoretisirten, die Nothwendigkeit gefühlt, seine Wirkungen einem überströmenden, sich mittheilenden Stoffe zuzuschreiben. Nur in der Bestimmung, der Natur jenes Stoffs sind sie bisher sehr uneinig gewesen. Galvani, Valli, Aldini, Volta, Vassali, Corradori und Darwin hielten ihn mit dem elektrischen Fluidum identisch; Fowler, Cavallo und Creve suchten diese Identität zu widerlegen. So wenig die Gründe, welche die letztern, besonders Herr Creve, anführt, mich überzeugen, so wenig kann ich an das Daseyn eines elektrischen Stoffes glauben. Da es in der Physik, wie in der Naturbeschreibung \*) unendlich wichtig ist, Substanzen so lange durch verschie-

temporäre Hemmung an Intensität der stoßenden Kraft vermehrt wird. Was oben von Leitung der Ketenglieder, von Verstärkung des Stroms durch Hinderniß gesagt ist, läßt sich daher leicht phoronomisch übersetzen. Auch die Frage, ob Galvanismus und Elektricität identisch sind, behält ihren Sinn, wenn auch keine eigenen materiellen Substrata in den galvanischen und elektrischen Erscheinungen wirken. Es ist denkbar, daß eine Art der schwingenden Bewegung  $x$ , den Eindruck des Lichts, eine andere  $y$ , den Eindruck der Wärme, eine dritte  $z$ , (die aus beiden Bewegungen zusammengesetzt ist) die gleichzeitigen Wirkungen des Lichts und der Wärme (Elektricität?) hervorbringt. Wie niederschlagend wäre in der That auch die Betrachtung, daß alle bisherigen Speculationen über Capacität und Leitungskraft der Körper für den Wärmestoff entbehrlich würden, sobald erwiesen werden könnte, daß Erwärmung ohne den Beitritt einer eigenen Materie geschehe!

\*) Schrank's Bairische Flora, B. I. S. 38.

diese Benennungen zu unterscheiden, bis ihre Gleichartigkeit apodiktisch erwiesen ist, so bediente ich mich bisher des Ausdrucks: Galvanisches Fluidum. Der vielleicht sich empfehlendere Name: Nervenfluidum, würde zu dem Mißverständnisse Anlaß gegeben haben, als wäre jene thierische Flüssigkeit der sensiblen Fiber allein eigen. Zu dieser Annahme sind wir aber durch keine Erfahrung berechtigt, und ich halte es für einen Vorzug der Theorie, welche ich oben aufgestellt, daß sie auf die Existenz eines Stoffs hinweist, der dem Nerven sowohl, als dem Muskel eigenthümlich ist, und durch seine plötzliche Anhäufung fibröse Erschütterungen und Empfindungen zugleich erregen kann. Jene Theorie läßt es dazu noch unentschieden, welcher Natur die überströmende Flüssigkeit ist, ja sie bleibt, in so fern sie auf construirbaren Begriffen beruht, gleich fest gegründet, der circulirende Stoff mag dem Wärmestoffe, oder dem Lichtstoffe, oder dem Oxygen, oder dem Azote, oder der Elektricität verwandt seyn.

Um das nicht zu wiederholen, was der Fleiß anderer Schriftsteller bereits über diesen Gegenstand gesammelt hat, \*) zähle ich bloß die Gründe auf, welche mir für die wahrscheinliche Identität des galvanischen und elektrischen Fluidums zu sprechen scheinen. Ich kann sie nur auf vier reduciren.

\*) Aldini l. c. p. 2. 38. 41. Oren's Journal B. 7. S. 69, und B. 8. S. 310. Pfaff a. a. O. S. 200. 306 — 324. 370. 374 und 390.

- 1) Bei heftigen Muskelbewegungen zeigt der thierische Körper deutliche Spuren freier Electricität. Ich erinnere bloß an die Beispiele der Madame de Seval, der Lady Baltimore, des Carlo Gonzaga, Herzogs von Mantua, und des Theodorichs (des Vaters des Visigothischen Königs,) welcher im Gehen Feuer sprühte. \*). Bei sensibler Schwäche, welche durch Anstrengung im Denken entsteht, beim Kopfweh z. B. strömen die Haare bisweilen *E* aus. Sie sträuben sich und sinken, wenn man sie mit metallischen Stoffen berührt. Selbst das plötzliche Sträuben beim Schreck scheint ein elektrisches Phänomen zu seyn, da es aus anatomischen Gründen wohl schwerlich als Turgescenz durch einströmende Flüssigkeit (wie Prochasca das Schwellen des Muskels erklärt) zu betrachten ist.
- 2) Das galvanische Fluidum wird, wie das elektrische, durch Glas, Oel, Harz und Siegelack isolirt, und durch metallische kohlenstoffhaltige und mit Wasser befeuchtete Stoffe geleitet. Elektrische Schläge folgen sichtbar dem Laufe der sensiblen Faser. \*\*)

\*) Kühn über die Wunderhand des Gr. von Thun, S. 6. 9. *Tissot maladie des nerfs*, T. 1. P. II. p. 385. Gren's Journal, B. 6. H. 18. S. 412. Von den Lichtenbergischen Figuren auf dem Rücken eines, vom Blitz getroffenen, S. Mayer in Theden's Neuen Bemerkungen zur Wundarzneikunst, Th. 3. S. 166. Rozier *Journal de Physique*, 1793. p. 293.

\*\*) Man behauptet auch, daß ein erwärmter Turmalin lebhaft die sensible Faser anziehe und abstoße. Ich habe das

- 3) Der Geschmack, welchen das Volta'sche Zungenexperiment mittels des Metallreizes hervorlockt, ist dem, welchen einströmende Elektricität erregt, sehr analog. Ja, Herr Abilgaard \*) hat sogar die scharfsinnige Bemerkung gemacht, daß zwischen Wirkung positiver und negativer Elektricität ein eben so auffallender Unterschied ist, als wenn man beide Zungenflächen mit Zink und Silber armirt und die Armaturen verwechselt.
- 4) Das galvanische Fluidum stimmt auch dann mit dem elektrischen überein, daß es, wenn alle andere Stimuli längst unwirksam sind, noch wie dieses den Nerven zur Contrahirung der Muskelfaser reizt.

Wenn ich auch nicht durch eigne Versuche in den Stand gesetzt worden wäre, eben so wichtige Gründe gegen die Identität der Stoffe *E* und *G* anzuführen, so würde mich doch schon die Vorsicht

Experiment wiederholt angestellt, aber gefunden, daß der Nerv sich dabei wie jeder andere leichte Körper verhalte. Möchte man doch richtig sehen, ehe man beschreibe!

- \*) Dieser scharfsinnige Physiolog schrieb mir am 15. Sept. 1795. aus Kopenhagen:

„Wenn sie mit dem verschiedenen Geschmacke der  
 „entgegengesetzten Elektricitäten bekannt sind, so  
 „werden sie finden, daß wenn sie die Zunge mit Zink  
 „und Gold, oder mit Blei und Gold, oder mit Zink  
 „und Silber, oder mit Blei und Silber armiren, daß  
 „Zink oder Blei allemal + *E*, und daß Gold oder  
 „Silber — *E* bekommen. Ich habe diese Bemerkung  
 „dem D. Pfaff, ehe er nach Italien ging, mitgetheilt;  
 „und er fand sie richtig.“

gegen jene Analogien mißtrauisch machen. Gesetzt auch, daß bei jeder Muskelbewegung *E* sichtbar auf Elektroskope reagirend entbunden würde, so folgte hieraus nach logischen Regeln noch keineswegs, daß das, was die Contraction veranlasse, aus dem Nerven überströme, *E* selbst sey. Ein unausbleiblich concomitirender Umstand ist allerdings eine Grund enthaltende Bedingung, wenn er der Erscheinung selbst vorausgeht. Wie kann aber bei instantanen Wirkungen Urfach und Folge unterschieden werden. Wir wissen, daß *E* wie Wärmestoff und magnetisches Fluidum durch mechanische Erschütterung und Reiben frei gemacht wird. Wie also, wenn *E* zu den Elementen der Muskelfaser gehörte und durch die Contraction ausgeschieden würde? Dann könnte die fibröse Erschütterung durch ganz heterogene Stoffe, Oxygen, Azote, u. s. f. erregt werden, und diese Stoffe hingen mit der elektrischen Erscheinung nur mittelbar zusammen. Wie, wenn durch dieselbe Mischungsveränderung, welche die Contraction veranlaßt, Oxygen mit Phosphor zur Phosphorsäure, Phosphor mit Azote zum gephasphorten Stinkstoff und andere Elemente  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  . . zur Bildung des elektrischen Fluidums zusammenträten? Ich hebe von vielen möglichen Fällen nur einzelne Beispiele heraus. Für die Physiologie ist es wichtig, selbst diese möglichen Erscheinungen kennen zu lernen, weil ohne dieselben die großen Prozesse in den geheimen Werkstätten des Organismus nur einseitig beurtheilt werden können!

Die Analogie, welche von dem Geschmace hergenommen wird, ist noch minder entscheidend. Specifisch verschiedene Stoffe können ähnliche Eindrücke auf die Sinnorgane machen. Wenn der Vorstellung von einem Geschmace eine Mischungsveränderung in den Geschmacksnerven selbst entspricht, so ist es sehr denkbar, daß die heterogensten Substanzen, als Stimuli, ähnliche Veränderungen hervorrufen. Was in der Seele wahrgenommen wird, kann nur ein Proceß seyn, der in dem thierischen Körper selbst vorgeht. Nach den Vorstellungen der gröbern Corpuscularphilosophie (welche leider! noch so vielen Lehrbüchern der Physiologie und Naturlehre verborgen zum Grunde liegt,) ist freilich jeder Materie eine eigene Grundgestalt eigen, und homogene Metalle sind gleichartig geformt. Nach diesen Vorstellungen erregen viele eckige scharfkantige Theile einen scharfen, stumpfkantige, einen milden Geschmack. Wie unhaltbar findet man aber diese Theorie, wenn man die Natur der flüssigen Stoffe erwägt, welche schlechterdings nicht als Aggregate kleiner, starrer (fester) Körperchen betrachtet werden dürfen! \*) Wie unbefriedi-


\*) Met. Anfangsgründe der Naturwissenschaft, S. 89. 96. Ich fürchte nicht durch die beständige Rücksicht, welche ich auf dieses Meisterwerk nehme, den Leser zu ermüden. Wer lieber bei den Erscheinungen selbst stehen bleibt, und feinere Zerlegungen der Begriffe scheut, wird ein Paar Blätter leicht überschlagen. Wer gern weiter hinaufsteigt, dem wird jene stete Rücksicht auf Kant's Naturwissenschaft ohnedies angenehm seyn. Da ich wünschte gründlich zu verfahren, konnte ich mich nicht nach der Laune zweier Partheyen richten,

gend ist nicht die Reduction aller Nerven-Eindrücke auf mechanische Schwingung gespannter Saiten! Form und chemische Mischung der Elemente wirken gewiss gleichzeitig zur Erregung sinnlicher Eindrücke, so wie der Proceß selbst, (die Veränderung) welcher im Nerven erregt wird, und der die Seele percipirt, das gleichzeitige Resultat mechanischer Kräfte ist. Wo eine Materie wirkt, kann ich mir sie nur als mit allen ihren Eigenschaften wirksam denken. Nenne ich nun die Veränderung, welcher eine bestimmte Geschmacksidee respondirt, und die Stoffe, welche dabei wirken, und als Grundhaltende Bedingungen zu betrachten sind,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , so wird jene Veränderung eintreten, wenn der Stimulus zu zwei in dem Organe schon enthaltenen Stoffen den dritten zumischt,  $\alpha$  zu  $\beta$  und  $\gamma$ , oder  $\gamma$  zu  $\alpha$  und  $\beta$ , oder  $\beta$  zu  $\alpha$  und  $\gamma$ . Dieses rohe Beispiel, welches auch auf andere Sinneseindrücke auszudehnen ist, zeigt 1) wie drei heterogene schmeckbare Substanzen einerlei, oder ähnliche Geschmacksempfindungen erregen können, 2) wie diese Empfindungen, bei einem Stimulus, nach Beschaffenheit des Organs verschieden; und 3) wie ein vorhergehender Geschmackseindruck den darauf folgenden fast gänzlich unwirksam machen kann.

von der die eine „die Vernunft auf dem Polster dunkler „Qualitäten zur Ruhe bringt,“ „die andere a priori entwickeln will,“ was nur durch Beobachtung, Experimente und Anwendung der Mathematik auf äußere „Erscheinungen, aufgefunden wird.“

Wenn man nemlich auf die zahllose Verschiedenheit der Verbindungen, welche bei vier und fünf Stoffen nach dem Verhältnisse ihrer gegenseitigen Umhüllungen möglich sind, Rücksicht nimmt, so wird es denkbar, daß alle Geschmacksempfindungen, deren wir fähig sind, vielleicht auf dem Ineinanderwirken derselben vier bis fünf Substanzen (Oxygen, Azote, Phosphor, Wasserstoff, Kalkerde) beruhen. Hängt nun die Stärke eines Geschmacks von der Menge der zeretzten Elemente ab, so ist es erklärbar, warum, wenn der erstere Stimulus der sensiblen Fiber, z. B. viel Azote entzogen hat, der zweite, bei dem das Azote wieder eine Rolle spielt, unwirklicher seyn muß. Ist hingegen eine beträchtliche Zwischenzeit zwischen den beiden Eindrücken, so wird der fehlende Stoff durch die organischen Kräfte wieder ersetzt, und Milch ist dann auch nach der heftigsten Säure wieder schmeckbar. So lassen sich sinnliche Erscheinungen sinnlich erklären, ohne auf Gegenwirkungen des innern Sinnes, und sein geheimnißvolles Verkehr mit der materiellen Welt zu recurriren.

Noch weniger, als die Aehnlichkeit der Geschmacksempfindung für die Identität des elektrischen und galvanischen Fluidums entscheidet, darf die blitzartige Erscheinung im Hunterschen Versuche dafür angeführt werden. Das Lichtsehen ist etwas ganz subjectives, und beweist noch gar nicht das Daseyn eines freien Lichtstoffs. Man vergleiche die Beobachtungen über die mechanische Reizung der Seh-





nerven,<sup>\*)</sup> und über die Sympathie bei der Wirkung des Oxygens auf die Geruchsnerven in dem neunten Abschnitte. — Auf diesen letzteren Nerven, der für die elektrische Ausströmung sehr empfänglich ist, äußert der Galvanismus gar keinen specifischen Reiz. Franklin hat zuerst beobachtet, daß Thiere, oder auch einzelne Glieder von Thieren, deren Irritabilität durch heftige elektrische Schläge vernichtet, oder durch wiederholt erzwungene Contractionen erschöpft worden ist, schnell in Fäulniß übergehen. Eben diese Erfahrung habe ich mehrmals beim Galvanisiren der thierischen Materie gemacht. Froschlinsenkel, auf welche der Metallreiz lange gewirkt hat, faulen mehrere Tage früher,<sup>\*\*)</sup> als andere, welche ungalvanisirt blieben. Bei dem weichen gallertartigen Körper der verlarvten Frösche (*gyrini*) ist der Unterschied am auffallendsten. Dennoch beweist diese Beobachtung nichts für die Identität des galvanischen und elektrischen Fluidums. Heftige Gifte, besonders Vipern- und Ticunnagift wirken eben so auf die Beschleunigung der Fäulniß, und wer würde darum auf die Gegenwart eines Stoffes in so heterogenen Reizmitteln schließen!

Unter

\*) Mechanische Erschütterung bringt Lichterscheinungen hervor. Der Geruch- und Geschmacksnerv wird nicht dadurch afficirt, das heißt, die diesen Sinneswerkzeugen eigenthümlichen Wirkungen werden nicht durch mechanische Reizung hervorgerufen.

\*\*) Durch ein Mißverständniß heißt es in Gehler's Wörterbuch B. V. der Metallreiz schützt vor der Fäulniß.

Unter den oben angeführten vier Gründen bleibt also der einzig bedeutende der, welcher von der Gleichheit der Leitungen hergenommen ist. Neuere Versuche haben mich aber auch hier auf wichtige Unterschiede zwischen *E* und *G* geleitet.

- 1) Knochen, alte, wohlgetrocknete, und gebleichte, sind eben so gute, zum Theil bessere Leiter der Elektricität, als die Metalle, dagegen isoliren sie das galvanische Fluidum wie Glas und Siegellack. —

Auf die Leitungskraft der Knochen hat mich zuerst der mir unbekannte Verfasser der Schrift vom Dualismus \*) in der Elektricitätslehre aufmerksam gemacht. Selbst spätere Lehrbücher der Physik setzen sie unter idioelektrische und höchstens halbleitende Substanzen, und ich wundere mich, daß jene Entdeckung in sieben Jahren nicht bekannter geworden ist. Ich habe eine Reihe von vergleichenden Versuchen über die Leitungskraft von feuchtem Holze, dichtem Kalksteine und Menschenknochen angestellt, welche folgende Resultate gaben. Eine wohlgetrocknete und gebleichte maxilla inferior, welche bereits 20 Jahr in einer osteologischen Sammlung auf-

\*) Revision der vorzüglichsten Schwierigkeiten in der Lehre von der Elektricität, besonders soviel sie den Dualismus betrifft 1789. S. 131. Vergleiche auch den Recensenten von Faulwetter's Grundsätzen der Elektricitätslehre 1793. in der allgem. Litteraturzeitung 1796. Nr. 134. S. 236. Körper, welche viel Phosphor enthalten, sind sehr geneigt, viel Elektricität zu verschlucken.

bewahrt war, wurde an eine Kleist'sche Flasche so angelegt, daß ihre beiden flügelartigen Fortsätze an der äußern und innern Belegung anlagen. Bei dieser Verbindung war es mir unmöglich, die Flasche je zu laden, ja die *E* strömte so vollkommen von dem *processus coronoideus* des einen Flügels in den des anderen über, daß meine Hand, wenn sie positive und negative Fläche zugleich berührte, auch nicht eine Spur von Ladung empfand. Diese Verhältnisse blieben dieselben, wenn ich den Unterkiefer auf dem Ofen auch noch so abtrocknete, daß vor Wärme er kaum zu halten war. Feuchtes Holz schwächte anfangs den Effect, bei fortgesetztem Umdrehen der Scheibe wurde die Fläche aber dennoch vollkommen geladen. Das Einströmen in die innere Fläche war zu schnell, als daß der unvollkommene Leiter das Gleichgewicht eben so schnell hätte herstellen können. Dichter Kalkstein und ein versteintes Ammonshorn wirkten völlig wie Siegelack und Glas. Die Flasche wurde gleich geschwind geladen, beide Fossilien mochten an derselben angebracht seyn, oder nicht. Eine Person, die auf dem *Isolatorium* stand, wurde wechselsweise durch Metall und Knochen mit dem geladenen Conductor verbunden. In beiden Fällen sprühte sie gleich starke Funken. Bei feuchtem Holze waren dieselben sehr schwach, und beim Kalksteine fehlten sie ganz. Ich habe mich mehrmals überzeugt, daß Knochen sogar noch besser, als metallische Substanzen leiten; denn wenn die Scheibe einer kleinen elektrischen Maschine so schwache Wirkung that, daß die isolirte

Person keine Funken giebt, wenn sie mit einem Metallstab auf dem Conductor ruht, so werden dieselben sogleich sichtbar, wenn man den Metallstab gegen einen Schenkelknochen umtauscht. Auch fühle ich stechendere Schläge, wenn ich auf dem Isolatorio durch einen Knochen, als wenn ich mittels eines metallnen Leiters mit dem Conductor verbunden bin. Zwischen der Leitungskraft in den Knochen verschiedener Säugthiere, in dem Schmelz der Zähne und der schwammigten Diploë des Brustbeins, in den flachen Knochen und den Röhrenknochen habe ich bis jetzt noch keinen Unterschied auffinden können, so gewiss ich auch von seinem Daseyn überzeugt bin. Die Aeufserung des oben in der Note angeführten Recensenten und die Aehnlichkeit des Geruchs, welche berühmte Physiker zwischen der elektrischen Materie und der Phosphorsäure beobachtet haben wollen, liefs mich die Frage untersuchen: ob phosphorsaure Kalkerde überhaupt leitend sey? Ich nahm einen schönen Apatitkry stall, und verband die innere und äussere Belegung einer Kleistfischen Flasche mittels einer metallnen Kette, welche durch jenen Kry stall unterbrochen war. Die Flasche wurde eben so schnell geladen, als wenn jene Ableitung gar nicht gewesen wäre, und auch in andern Versuchen zeigte sich der Apatit als vollkommen isolirende Substanz. Nach dieser Erfahrung erscheint jene Leitungskraft der Knochen noch auffallender. Die Substantia vitrea der Zähne ist gewiss als eine fast reine gephosphorte oder phosphorsaure Kalkerde zu

betrachten, und der thierische Glut, welcher in andern Knochentheilen stark angehäuft ist, ja selbst bei der längsten Austrocknung übrig bleibt, sollte die Leitungskraft eher mindern, als mehrern. Phosphor, Kalkerde, Kohlenstoff, Wasserstoff, Azote und etwas Sauerstoff sind die Elemente, aus welchen das Knochengerüste aufgeführt ist. Welchem derselben darf man jene Erscheinungen zuschreiben? Gewiss keinem einzelnen, sondern der organischen Aneinanderreihung aller. Relative Lage der Theile bestimmt die elektrische Leitungskraft gewiss nicht minder, als ihr chemisches Mischungsverhältniß. Es ist sehr denkbar, daß ein Fossil, welches alle Bestandtheile, nur nicht die organische Textur eines Knochens hätte, dennoch vollkommen isolirend bliebe.

Auch der Demant, welcher, wie jede Steinart, bei den galvanischen Versuchen isolirt, wird für einen Leiter der Elektrizität ausgegeben. Herr Comus \*) hat diese Entdeckung bekannt gemacht, welche bei der grossen Leitungskraft der Holzkohle

\*) *Le diamant a une propriété très singulière et qu'on ne connaît qu'à cette seule substance. Il est électrique par frottement et conduit parfaitement l'électricité. C'est Mr. Comus qui a découvert cette propriété. Description méthodique des minéraux par le Prince de Gallitzin 1792. p. 119.* Idioelektrizität und Leitungskraft schliessen sich im Allgemeinen nicht aus. Alle Stoffe scheinen idioelektrisch zu seyn; nur hindert bei vielen die Leitungskraft, die Beobachtung jener frei gemachten und so schnell zerstreuten Elektrizität. *Herbert Theoria phaenom. electricorum 1778. p. 15.*

und der wahrscheinlichen Existenz des Carbons im Demant jeden Chemisten interessieren muß. Im festen Vertrauen auf ihre Richtigkeit, elektrisirte ich eine Kleist'sche Flasche, in dem eine metallne Kette (durch einen orientalischen Demant von 2 Linien Länge unterbrochen) die innere und äußere Belegung verband. Ich war überzeugt, daß die Flasche, wie bei dem obigen Versuche mit Knochen ungeladen bleiben würde, und untersuchte ihren Zustand unbefangen mit zwei Fingern der rechten Hand. Ein heftiger Schlag überzeugte mich aber von der isolirenden Eigenschaft des Demanten. Auch in andern Versuchen verhielt sich derselbe völlig wie Zirkon, Bergkry stall und Siegelack, und ich zweifle sehr, daß es Abänderungen gebe, welche die vom Herrn Comus und dem Fürsten von Gallitzin angegebene Eigenschaften haben.

2) Der luftverdünnte Raum leitet die schwächsten Grade der Elektricität, nicht aber das galvanische Fluidum. — Ich sage mit Fleiß luftdünne, nicht luftleere Räume. Schon Beccaria \*) hatte beobachtet, daß eine geringere Luftverdünnung mehr, als eine stärkere, die *E* in der Glaskugel zerstreue. Aber George Adams hat unwiderprechlich dargethan, daß ein vollkommenes Vacuum völlig isolirt. „*There can be little doubt, of the non conducting power of a perfect vacuum, and this fact is still more strongly confirmed by the phenomenon, which appear, upon the admission of a very minute particle of air into the inside of the globe.* In

\*) *Electricismo artificiale* §. 411.

„this case the whole becomes immediately luminous upon the slightest application of electricity and a charge takes place, which continues to grow more, and more powerful in proportion as fresh air is admitted, till the density of the conducting medium arrives at its maximum. \*) Hieher gehören auch die leuchtenden Erscheinungen im Torricellischen Vacuum des Barometers, von denen ich an einem andern Orte (in meinem zweiten Briefe an Herrn Pictet, *sur la Nature de la lumière et ses combinaisons chimiques*) umständlicher gehandelt habe. Das galvanische Fluidum wird vom luftvollen sowohl, als vom luftdünnen Raume isolirt. \*\*)

3) Die Flamme ist der vollkommenste Leiter der Elektrizität und isolirt das galvanische Fluidum. — Schon der Engländer Miles, welcher 1745 zuerst die elektrischen Feuerbüschel sah, bemerkte die Leitungsfähigkeit des Rauches und der Flamme. Bennet benutzte dieselbe, um kleine Quantitäten von Luftpotelectricität dadurch in sein Elektroskop zu leiten. Herr Volta findet das sein Strohhalmelektrometer 2 bis 3 mal stärkere

\*) *Essay on electricity. Third edition 1787. supplement. p. LXXV.*

\*\*) In dieser isolirenden Eigenschaft der atmosphärischen Luft scheint die einfache Ursache zu liegen, warum ein sehr erregbares Organ, wenn sein Nerve frisch entblöst ist, oft in den ersten Minuten nach der Nervenentblöstung, sich selbst überlassen, Convulsionen erleidet. Der entblöste Nerventheil ist nemlich durch die Entblöstung selbst überladen, weil ihm durch die Luft weniger galvanisches Fluidum, als dem unentblösten durch das Muskelfleisch, entzogen wird.

Zeichen der *E* giebt, wenn ein brennender Schwefelfaden auf der Spitze desselben steckt, als wenn diese Spitze selbst auf die schwachgeladene Luftschicht wirkt \*). Ich vermuthe, daß dies für den practischen Meteorologen so nutzbare und wichtige Phänomen auf der vereinten Leitungsfähigkeit des heißen, luftdünnen Raumes, der Dämpfe und der Kohle beruht. Doch scheint die Luftverdünnung und Wärme dabei die wesentlichste Rolle zu spielen. Denn ich habe gefunden, daß die Flamme des Phosphors eben so gut als die eines Oeltochts leitet. Alle effluvia der Flammen, welche wir kennen, bestehen aus Licht- und Wärmestoff, aus noch unzeretzten, verkohlten, mechanisch fortgerissenen Theilen des brennenden Körpers, aus Wasserdampf (welcher grosentheils aus Oxygen, und Hydrogen neu erzeugt ist) aus Kohlensäure, Oeldampf, unvollkommener Schwefelsäure, Phosphorsäure, oder andern zusammen gesetzten Thier- und Pflanzen Säuren. Alle diese Substanzen sind in einer luftverdünnten und an Sauerstoff armen Atmosphäre eingehüllt, welche sich noch 3—4 Zoll über der letzten leuchtenden Schicht

\*) Bennet in *Philos. Transact. Vol. 77. P. II. p. 290.* Leipziger Sammlung zur Physik und Naturgeschichte B. 4. S. 431. Volta in den meteorol. Briefen S. 112. Das häufige Einschlagen des Blitzes in Schornsteine rührt gewiß oft mehr von der aus ihnen aufsteigenden Rauchsäule, als von ihrer eigenen geringen Höhe her. — Was Miles schon 1745 wußte, wird von Herrn Heinrich 1789 wieder als problematisch bezweifelt. S. dessen Preisschrift über das Schießen bei Gewittern in den Neuen Phil. Abh. der Bairischen Akademie B. V. n. 1.



leitend verhält. Wenn ich eine Glasröhre oder Siegellack auf Flanell reibe, so ist augenblicklich alle dadurch erregte *E* vernichtet, wenn ich 3—4 Zoll Höhe mit dem idioelektrischen Stoff über einer Flamme von Oeltocht, Wachslight, brennbarer Luft, Schwefel oder Phosphor (mit diesen fünf Substanzen habe ich experimentirt) weg fahre. Eben so leitend ist der Rauch eines ausgeblasenen Lichts. Ganz anders ist es mit dem galvanischen Fluidum. Man isolire ein Wachslight dadurch, daß man es auf Glas oder Schwefel klebt, und verbinde zwei Glieder der galvanischen Kette, da wo sie eine schmale Luftschicht trennt, durch eine Lichtflamme. Der Metallreiz bleibt eben so unwirksam, als wenn Siegellack oder Glas die Verbindung machte. Die Contraction der Muskeln oder die Geschmacksempfindung tritt erst ein, wenn die Metalle sich in der Flamme oder auferhalb derselben unmittelbar berühren \*). Man wende nicht ein, daß bei dem Brennen einer Substanz feste Stoffe in einen dampf- oder gasformigen Zustand übergehen, daß bei diesem Uebergange *E* unaufhörlich gebunden \*\*) und abgeführt werde und daß der Metallreiz also darum unwirksam sey, weil das galvanische Fluidum, wie das elektrische, in die Flamme ein-

\*) Vergl. Pfaff a. a. O. S. 57.

\*\*) Sauffure *Voyage dans les Alpes Vol. 3. p. 345.* Wenn man an einem brennenden Wachslight Kohlenstaub in das geschmolzene Wachs wirft, welches den Tocht umgiebt, so sieht man die leichten Körper unaufhörlich in gradliniger Bewegung an den Tocht heran und von ihm zurück schwimmen. Hemmer und andere Physiker halten dies für ein elektrisches Anziehen und Abstoßen. Entsteht die Erscheinung aber nicht vielmehr daher, daß

flüsse, aber durch dieselbe so absorbiert werde, dass nichts davon in den andern Theil der metallischen Kette überströmen könne. Gegen diese Einwendung zeugen mannichfaltige Erfahrungen. Würde die  $\pm E$  welche die Flamme empfängt, so unaufhaltsam wieder durch dieselbe zerstreut, so würde sie sich auf Benner's und Volta's Elektroskop ganz anders verhalten. Die kleinsten Quanta von  $E$  welche kaum  $\frac{1}{300}$  eines Voltaschen Grades betragen, würden dann wahrlich nicht in die Strohhalme oder in die Goldblättchen übergehen, sondern eben so schnell verjagt, als gesammelt werden. Ferner, wird das galvanische Fluidum durch Fuß lange Gefäße mit kochendem Wasser wirksam durchgeleitet, ohne dass die metallnen Kettenglieder darinn in unmittelbarem Contact stehen. Sollte nun eine so große verdampfende Fläche nicht mehr  $E$  binden, als das kleine Flämmchen brennbarer Luft, welches aus einer Barometeröhre herausbrennt? Dazu zeigen alle galvanischen Versuche, dass das Ueberströmen des problematischen Stoffes nicht gehindert wird, wenn breite und tiefe Wasserbehälter es fortleiten. Die Isolation des galvanischen Fluidums durch die Flamme

das flüssige Wachs, auf dessen Oberfläche der Kohlenstaub schwimmt, von den Haarröhrchen des Tochts, die dazu noch luftverdünnt sind, angezogen wird. Die Stäubchen fahren daher gegen den Tocht zu sichtbar bergan und fallen durch eigene Schwere gegen den Rand des Lichtes, der ebenfalls erhoben ist, zurück. Hieraus wird, ohne Annahme der Elektrizität, die Entstehung einer in sich rückkehrenden geradlinigten Bewegung denkbar.

kann also auch nicht als Folge der Ableitung betrachtet werden.

4) Heißes Glas leitet vollkommen die Elektricität und isolirt bei den galvanischen Versuchen. Wärmestoff macht alle Körper empfänglicher für die Elektricität. Warme Luft leitet leichter als kalte \*), ein heißes Metall besser als ein kaltes. Ich habe Erze, die kaum als Halbleiter wirkten, dadurch zu vollkommenen Leitern der Elektricität gemacht, daß ich sie erhitzte. Mit der Erhaltung verlohren sie an Leitungskraft. Idioelektrische Substanzen werden leitend, wenn man sie erglüht. Herr Valli hat eben dies von dem galvanischen Fluidum behauptet. Der Versuch muß aber nur a priori angestellt seyn, denn weder Herrn P f a f f \*\*), noch mir, hat es je glücken wollen, den Metallreiz wirken zu sehen, wenn rothglühendes, auch noch so dünnes Glas, brennendes Siegelack, heißer Schwefel oder geschmolzener Bernstein die Verbindungskette der Armaturen unterbrach.

Nach diesen Betrachtungen gewinnt die so vor-  
eilig angenommene Identität zwischen Elektricität  
und galvanischem Fluidum eine ganz andere Gestalt.  
Wir sehen, daß viele Stoffe beiden als gemeinschaft-  
liche Leiter dienen, daß aber gerade die vollkom-  
mensten elektrischen Conductoren, wie Knochen,  
Flamme und luftverdünnte Räume, als Iso-

\*) Dieser Satz ist für die Lehre von der Luftelektricität bei Winterfrost und Sonnenwärme wichtig. Vergl. Achar d's Chym. phys. Schriften 1780. S. 265.

\*\*) a. a. O. S. 56.

Matoren bei den galvanischen Versuchen wirken \*). Gleichartig sind also beide Stoffe, *E* und *G*, gewiss nicht. Aber wie, wenn der letztere, das galvanische Fluidum, eine Modification des erstern \*\*) wäre?

Es ist allerdings denkbar, daß die Elektricität von andern Stoffen umhüllt, auch andern Gesetzen folge, als sie ohne diese Umhüllung folgen würde. Dringen wir aber tiefer in die Natur der Kräfte ein, so müssen wir jene Frage abermals zurück nehmen, weil wir einsehen, daß sie nicht besser gefaßt ist, als die: ob das Wasserstoffgas eine Modification der atmosphärischen Luft ist? Die Elektricität ist, wie Herr Deluc längst schon mit Recht behauptet hat, kein einfacher, sondern, gleich der

\*) Auch die relative Leitungskraft der verschiedenen Metalle für die *E* stimmt nicht mit ihrem Verhalten bei den Erscheinungen des Galvanismus überein, wie schon Herr Pfaff S. 216. gezeigt hat.

\*\*) Herr de la Roche führt diese Idee in seiner Zergliederung der sensiblen Functionen sehr sinnreich aus. „Newton, sagt er, hat zuerst behauptet, daß es eine sehr „subtile und elastische Flüssigkeit giebt, die im ganzen „Welttraume verbreitet ist, mit großer Leichtigkeit alle „Körper durchdringt und geschickt ist, sich mit den Elementen zu verbinden, sie zu modificiren und von ihnen „modificirt zu werden. Diese Flüssigkeit mit dem Glase „verbunden und in Bewegung gesetzt, bringt die elektrische Erscheinung hervor; mit dem Eisen verknüpft, „giebt sie die Erscheinungen des Magnets und durch die „Modification, welche sie durch ihre Verbindung mit der „markigen Substanz des Gehirns erleidet, wird sie das „wesentlich wirkende Mittel aller Thätigkeiten in der „thierischen Oekonomie“ Reil's Archiv der Physiologie B. 1. St. 1. S. 182.

atmosphärischen Luft, eine zusammengesetzte Flüssigkeit. Einige ihrer Bestandtheile sind erwiesen, andere lassen sich vermuthen. Nach Gren (das heißt nach dem System, welches dieser Chemist im Jahr 1793 aufstellte) sind Brennstoff und Säure; nach Lichtenberg Wärmestoff, Sauerstoff und Wasserstoff; nach Lampadius \*) Wärmestoff, Phlogiston, Licht und eine phosphorartige Grundlage in dem elektrischen Fluidum enthalten. Ich glaube, daß es viel zu früh ist, die Elemente desselben anzugeben, da wenige elektrische Versuche von der Einfachheit sind, daß sie zu bestimmten Resultaten führen können.

Die Elektricität scheint als eine schwache Säure zu wirken. Ich ließ heftige Schläge der Kleist'schen Flasche durch die Blumenkrone der Vergißmeinnicht (*Myosotis scorpioides*) gehen und sah die himmelblauen Blumenblätter sich plötzlich ziegelroth \*\*) färben. Der Versuch gelang oft nur an zwei petalis einer Corolle; die andern blieben ungeändert. Priestley sah Lakmustinctur bei durchströmender Elektricität sich plötzlich röthen. Hieraus folgt aber so wenig, als aus dem Geruch oder Geschmack, daß in der Elektricität etwas Säure ähn-

\*) Gren's Grundriß der Naturlehre 1793. S. 1046.  
Lichtenberg in Erxleben's Anfangsgründen der Naturlehre, 6te Auflage, Vorrede S. XXXI.  
Lampadius Versuch über die Elektricität der Atmosphäre, Cap. 2.

\*\*) Ist dieser Versuch neu oder sind nicht ähnliche in einer alten Schrift von Krüger (deren Herr Gehler im Wörterb. I. S. 750. erwähnt, und welche ich mir noch nicht habe verschaffen können) enthalten?

liches enthalten sey. Haben Priftley und ich nicht in der atmosphärischen Luft experimentirt, also unter sehr zusammengesetzten Bedingungen? Muß nicht, bei jedem elektrischen Schläge, sich Azote mit Oxygen verbinden und eine Salpetersäure niederschlagen, die jene Erscheinungen hervorbringen kann? Priftley's und meine Versuche sollten in reinem brennbaren Gas wiederholt werden. Der letztere wäre aber auch dann noch vieldeutig. Die Farbenänderung geht in einem belebten Organ vor. So wie die erste blaue Färbung des Blumenblatts das Resultat eines organisch chemischen Processes, das Resultat einer besondern Absonderung und Enthüllung ist, so kann auch die plötzliche Farbenveränderung Folge der vegetabilischen Lebenskraft selbst seyn. In den Pflanzenäften ist unleugbar Kohlen-Wasser- und Sauerstoff enthalten. Wie also, wenn der elektrische Schlag die Rothung des Blattes bloß dadurch veranlaßte, daß er als Reizmittel auf die erregbaren Organe wirkte, die *vita propria* derselben umänderte und sie veranlaßte, die ihnen eigenthümlichen Stoffe anders zu mischen? Dann wären die Materialien zur Säurebildung (*acidification*) in den Gefäßen selbst gegenwärtig, und weder das elektrische Fluidum, noch die umgebende Atmosphäre brauchte sie zu enthalten. Eben so ließe sich auch der saure Geschmack beim Einstromen der Elektrizität in die Zunge erklären. Stickstoff und Sauerstoff sind in den thierischen Organen unaufhörlich enthalten. Die einströmende Elektrizität kann ihre plötzliche chemische Verbindung zu einer schwa-

chen Salpetersäure veranlassen, und die Empfindung der Säure kann eine Folge jener Verbindung seyn. Bei dem Phosphorgeruch, welchen die Elektrizität verbreitet, ist ebenfalls zu bemerken, daß wir ihn bisher nur in der atmosphärischen Luftmenge beobachtet haben, und daß wir weder die verschiedenen chemischen Verbindungen von Azote und Oxygen, noch die verschiedenen Gerüche kennen, welche sie bei verschiedenen Graden der Sättigung verbreiten. Die Annahme einer Säure in der Elektrizität ist also gar nicht auf reinen Erfahrungen gegründet.

Das elektrische Fluidum ist bei seinem Durchgange durch jede irrespirable, d.h. Sauerstoffleere Gasart leuchtend. Es enthält demnach gebundenen Lichtstoff. Ob es denselben aus der Lebensluft aufnimmt und sich zueignet, bleibt unentschieden, bis man mit isolirten (etwa durch ein Uhrwerk bewegten) Elektrifirmaschinen in Sauerstoffleeren Gasarten experimentiren wird. Was läßt sich überhaupt über den Lichtstoff bestimmen, dessen Existenz als eigene materielle Basis noch so problematisch ist! Das Nichtleuchten der völlig luftleeren Barometer scheint indess für die Mitwirkung der Lebensluft bei Zusammensetzung des elektrischen Stoffes zu zeugen! Achard sah geschmolzenen Schwefel durch elektrische Schläge alkalisch werden. Wenn man bedenkt, daß selbst die fixen Alkalien zusammengesetzt sind, so wird dieser Versuch erklärbar ohne  $+E$  für eine Säure und  $-E$  für ein Alkali zu halten. Aus

einer feuchten \*) atmosphärischen Luft kann durch das Spiel zusammengesetzter Affinitäten Stickstoff und Wasserstoff abgeschieden und zu einem Laugensalze verbunden werden.

Elektrische Schläge machen etwas Wärmestoff frei, weil sie durch Zersetzung der Atmosphäre einige Gasarten dem tropfbar flüssigen Zustande näher bringen. \*\*) Das Steigen der Thermometer in dem elektrischen Strome, (welches zuerst Adams bemerkte,) rührt aber aus einer andern Urfach, aus dem in dem *E* selbst enthaltenen Wärmestoff her, da die Thermometer in der verdünnten Luft weit höher als in der verdickten, in jener in 16 Minuten von  $45^{\circ}$  F. bis  $154\frac{1}{2}^{\circ}$  F. in dieser von  $60^{\circ}$  F. bis  $102^{\circ}$  F. steigen. Das Strömen der Elektrizität durch Alkohol, Schwefeläther, Terpenthinöl, Krausemünzöl und Kampfer geleitet, erzeugt Wasserstoffgas, durch reines und kohlenfaures Ammoniac, Wasserstoff- und Stickgas. Der große Harlemer Experimentator, dem sowohl Physik als Physiologie belebter Stoffe die wichtigsten Entdeckungen verdankt, hat über diese Gegenstände die überzeugendsten Versuche angestellt. \*\*\*)

\*) Wenn *E* durch Wasser schlägt, wird sehr oft Wasserstoff nur allein entbunden. Das Oxygen tritt an irgend eine feste acidifiable Base, die es in der Nähe findet. Van Marum *Première continuation des expériences electr.* p. 198. Gren's N. Journal B. 3. H. 1. S. 14. in der Note.

\*\*) Van Marum *Continuation des expériences électriques*, 1787. p. 180.

\*\*\*) Gren's N. Journal a. a. O. S. 1 — 17.



Je vollkommener ein Körper die Elektricität leitet, desto mehr Wärmestoff wird aus demselben frei. Degenklingen schmilzt der Blitz in luftdichten Scheiden. Dagegen bemerke ich bei der Butter einen sehr unvollkommenen Halbleiter, fast gar keine Erweichung, wenn ich Schläge der Kleist'schen Flasche durchführe. Das Zünden durch Elektricität beruht bloß auf einer plotzlichen Erhöhung der Temperatur, in der die sauerungsfähige Grundlage eine stärkere Ziehkraft zum Sauerstoff ausüben kann. Der durch schwache Elektricität beförderte Umlauf der Säfte in organischen Substanzen, die vermehrte Lebensthätigkeit derselben, so wie die gänzliche Erschöpfung der Fiber durch heftige Entladungen, wird ebenfalls durch die Wirkungen des Wärmestoffs erklärbar. Während das neue elektrische Materie sich erzeugt, wird Wärmestoff gebunden und Kälte erzeugt. Deshalb wird die Lufterlektricität bei kalter Witterung meist stärker, als bei warmer, befunden. Kühlung nach dem Gewitter kann entstehen, weil nach der großen Zerlegung der elektrischen Materie neue Materie gebildet wird.

Reine Lebensluft und reines Stickgas werden durch *E* nicht verändert. Das Verkalken des Amalgams am Kissen wird mit Unrecht, als ein Beweis für das Daseyn des Sauerstoffs oder eine Säure im Oxygen angeführt. Alle unsere Kissen sind mit der sauerstoffhaltigen atmosphärischen Luft in Berührung, und das bloße Reiben kann, wie das Schütteln der Quecksilberkalke lehrt, (auch ohne auf den Wärmestoff in der *E* Rücksicht zu nehmen,) die Verbindung  
des

des Metalls mit dem Oxygen der Atmosphäre befördern. Wichtiger sind die Versuche des Duc de Chaulnes und des Herrn Charles über das Verkalken der Metalle in irrespirablen, sauerstoffleeren Gasarten. Der Umstand, daß bei dem Verkalken in atmosphärischer Luft eine jedesmalige Absorption \*) der Lebensluft bemerkt wird, spricht allerdings gegen die Wahrscheinlichkeit, daß die *E* selbst das Oxygen zur Oxydation hergeben solle. Aber Herr Charles hat nicht so genaue Rücksicht auf die Menge der Lebensluft genommen, welche bei seinen Versuchen noch in den irrespirablen Gasarten verborgen bleiben konnte, daß diese Materie schlechterdings einer neuen Prüfung unterworfen werden muß. Ich hoffe dieselbe bei mehrerer Mulse selbst zu unternehmen, und die Gasarten, wie ich es bei meiner Arbeit über das Leuchten des faulen Holzes gethan, durch Phosphor zu reinigen. — Wasserstoff scheint in der *E* nicht enthalten zu seyn, wenigstens erzeugt sich Wasser erst in einem Gemisch von Sauer- und Wasserstoffgas.

In den vorstehenden Sätzen ist alles zusammengedrängt, was wir uns bis hieher von den chemischen Eigenschaften und Bestandtheilen des elektrischen Fluidums zu wissen rühmen. Wir sehen daraus, daß man sehr unlogisch manches in demselben enthalten glaubt, was den umgebenden Medien zugehört, und nur mittels der *E* aus diesen ausge-

\*) Bei edeln, so wie bei unedeln Metallen, wie Herr Schmidt in Gießen erwiesen hat. Gren's N. Journ. B. 1. H. 4. S. 372.

schieden wird. Wir sehen, daß man diese als zu der Classe gasformiger Stoffe gehörig betrachten könne, und daß sie unter diesen die größte Masse gebundenen Wärmestoffs enthält. Es ist möglich, aber nicht nothwendig, daß sie außer dem Licht- und Wärmestoff auch noch andere vielleicht ganz unbekannte Materien ( $x$  und  $y$ ) enthalte; es ist möglich und selbst wahrscheinlich, daß die positive  $E$  eine andere qualitative oder quantitative Mischung, als die negative, habe. Es ist aber auch denkbar, daß es so wenig einen elektrischen, als einen Wärme- und Lichtstoff gebe, und daß die bekannten ponderablen Basen unter gewissen Umständen die Erscheinungen erzeugen, welche sich unsern Sinnen, als Elektrizität, Licht oder Wärme darstellen. \*) Ueber dies alles ist schwer zu entscheiden, da wir die  $E$  nur immer im Augenblick ihrer Zersetzung oder Decomposition wahrnehmen, und sie weder abgesondert darstellen noch mit der Wage verfolgen können.

Die Frage, ob das galvanische Fluidum eine Modification des elektrischen sey, hat demnach nicht mehr Sinn, als die: ob ein unbekanntes Gemenge von Lustarten eine Modification eines anderen unbekannten Gemenges sey? Beiden kann Wär-

\*) Dies schrieb ich nieder, ehe mir Herrn Scheerer's Nachträge zu den Grundzügen der neuen chemischen Theorie 1796 in die Hände fiel, ein Werk, welches sich eben so sehr durch den philosophischen Gang der Untersuchung, als durch musterhafte Gründlichkeit auszeichnet, und in welchem unsere Vorstellungsarten vom Licht- und Wärmestoff scharfsinnig berichtigt sind.

ne- oder Lichtstoff gemein seyn, jedem kann eine eigene, von allen anderen Elementen verschiedene Basis zukommen; ja, es ist sehr denkbar, daß das galvanische Fluidum nicht, wie die Elektricität zusammengesetzt, sondern einfach sey. Dem Wärmestoff ist dieses ohnedies eben so nahe, wo nicht näher, als der Elektricität verwandt. Man berufe sich auf die Versuche mit den sogenannten elektrischen Fischen, deren wir jetzt fünf kennen: *Silurus electricus*, *Raja Torpedo*, *Gymnotus electricus*, *Tetrodon*? *Paterfonii* und *Trichiurus indicus*. Es ist noch gar nicht erwiesen, daß hier Elektricität im Spiel sey. Man untersuche die Facta, die Spallanzani, Walfh und Ingenhousfs geliefert haben, und man wird finden, daß die Materie, durch welche jene Fische wirken, in eben das Dunkel gehüllt ist, über welches wir bei den galvanischen Versuchen klagen. Herr Kuhn hat bei diesen, wenigstens einigemal, ein Elektroskop afficirt gesehen. Bei den Zitterfischen war eine solche Erscheinung nie zu beobachten. Anziehen oder Abstoßen von Fäden, Mittheilung an isolirte Menschen oder Kleistische Flaschen ist nie bemerkt worden. \*) Alle Naturforscher leugnen auch die Existenz eines überströmenden Funkens; nur Walfh und Bayon \*\*) haben denselben am *Gymnotus*

\*) *Memorie di matematica e fisica della Società italiana*, T. II. p. 603.

\*\*) Ingenhousfs vermischte Schriften, Th. I. S. 31. *Rozier Journal de Physique*, 1776. Oct. — Wenn mehrere Menschen eine Kette bilden, deren äußere Glieder Kopf und Schwanz des Zitterfisches berühren, so ent-

electricus bemerkt. Wenn man aber bedenkt, daß die heftigsten Entladungen jener Thiere ohne alle Lichtentbindung vor sich gehen, so wird man geneigt zu glauben, daß dieselbe keine wesentliche Bedingung sey, und daß sie in den von Walfh und Bayon bemerkten Fällen nur Nebenwirkungen der angestregten Organe zuzuschreiben sind. Vielleicht habe ich bei einem künftigen Aufenthalte in südlichen Ländern Gelegenheit zu untersuchen, ob thierische Knochen den aus der Raja Torpedo ausströmenden Stoff wie den galvanischen isoliren oder wie den elektrischen fortleiten? Alles was durch Metalle geleitet und durch Glas isolirt wird, darf nicht geradezu für elektrisches Fluidum ausgegeben werden.

Auch auf die Analogie der Nervenkraft mit dem Magnetismus, welche schon Herr Wrisberg im Jahr 1766. öffentlich vertheidigte,\*) und für die (laut anderen) auch der Eisengehalt des thierischen Körpers zu sprechen scheint, ist man in neueren Zeiten zurückgekommen. Allerdings sprechen neuere Erfahrungen für die Wirkungen der magnetischen

stehen ganz unwillkührliche Entladungen, wie Herr Gehler erwiesen hat. S. Wörterbuch, B. 4. S. 878. Diese Erscheinung ist einer galvanischen ganz analog, und die Erschütterung, welche die leitende Kette empfindet, muß uns nicht irre machen, da auch das galvanische Fluidum bei seinem Durchgange die Sinnesnerven afficirt. Sollten die Schläge, welche der Fisch bei der bloßen Berührung mit Einer Hand giebt, nicht auch unwillkührlich, und meinen Versuchen ohne Kette Fig. 9. analog seyn?

\*) Haller's Grundriss der Phys. S. 287. Note 106. Sömmering's Hirnlehre, §. 202. Note 9.

Kraft auf die belebte und erregbare Faſer. Ich beziehe mich nicht auf Mesmer's Charlatanerien \*) oder auf die fabelhaften, leider! von achtungswerthen Schriftſtellern nachgeſchriebenen Erzählungen des D. Schilling, \*\*) ſondern auf die Thatſachen, welche ein berühmter Genfer Arzt \*\*\*) bekannt gemacht hat. Was aber in den galvaniſchen Verſuchen circulirt, kann ſchlechterdings nicht

\*) *Rapport des Commiſſaires chargés de l'examen du magnetisme animal* 1784. Wenn aber auch Mesmer's und Anderer Manipulationen ſeiner Betrug ſind, ſo folgt daraus noch gar nicht, daß alles Manipuliren phyſiſch unwirksam ſey, vielmehr müſſen Herrn Pezold's Dresdner Verſuche bei Naturforſchern, die nicht gewohnt ſind, facta von ſich zu ſtoſſen, um Hypotheſen aufzunehmen, die größte Aufmerkſamkeit erregen. Es wäre zu wünſchen, daß ein Magnetiseur, während der Action, pulſirende Herzen oder friſch präparirte Nerven eines Thieres zu berühren verſuchte. Der Naturphilosoph muß alle Erſcheinungen in Verbindung ſetzen; durch dieſe Verbindung allein ſchon tritt er den Urfachen näher.

\*\*) Magnete ſollen dem *Gymnotus electricus* ſeine erſchütternde Kraft rauben, Eiſenſeiſpäne ſollen ſie ihm wieder geben u. ſ. w. *Nouv. Mém. de l'Académie de Berlin* 1770. p. 68. *Ingenhoufs*, *Spallanzani*, *Walsh* und *Beerenbrock* haben dieſe Fabel längſt widerlegt. (*Ingenhoufs* Verm. Schr. Th. I. S. 413. *Spallanzani* *Lettera al Marchese Lucchese* in den *Opuscoli ſcelti di Milano* 1783. p. 85.) Dennoch heißt es in *Gmelin's* neuer Ausgabe des *Syst. Natur. T. I. P. 3. p. 1138* noch: *Gymnot. electricus vi electrica dotatus magnetis opereturbanda et tollenda!*

\*\*\*) *De la Roche* in der *Analyſe des fonctions du ſystème nerveux* Tom. II. 1778. überſetzt von *Merzdorf* 1794. Auch Herr *Hufeland* ſah den Magnet beim Magenkrampf und Zahnweh wirksam.

magnetisches Fluidum selbst seyn, da dieses weder durch Luftschichten noch durch Glascheiben isolirt werden würde. Auch hat der große Physiologe Herr Kiemeier diese Identität nie behauptet, wie ihm in Gehlers Wörterbuch (B. 5. S. 293.) Schuld gegeben wird. Es ist eine Polarität denkbar, die von der magnetischen unendlich verschieden ist. Beim Veitstanze werden die angeschwollenen Muskeln erschlafft, wenn man sie mit einer Eisenstange berührt. Andere Metalle, außer dem Eisen, fand Herr Scheerer (zu Wien) so unwirksam, als Glas und Siegellack. Diese Entdeckung ist sehr wichtig. Dürfen wir aber unmittelbar daraus schließen, daß es magnetische Kraft selbst ist, welche den Muskel bewegt?

Vielleicht aber sind galvanisches, elektrisches und magnetisches Fluidum verwandt und verschieden, wie thierisches Blut, Milch und Pflanzenast. Die formende und mischende Natur setzt aus wenigen Urstoffen Materien zusammen, welche die wunderbarste Mannichfaltigkeit von den Erscheinungen darbieten. Jahrtausende mußten vergehen, ehe die Menschen den großen Assimiliationsproceß, die Umwandlung vegetabilischer Materie in thierische, mit der Klarheit und Gründlichkeit einsehen lernten, als sie uns Herr Fourcroy in seiner Philosophie chimique geschildert hat. Vielleicht wird eine Zeit kommen, in der wir mit eben der Klarheit erkennen werden, durch welche Nahrungsmittel die Anhäufung des galvanischen Fluidums in der Nerven- und Muskelsubstanz vermehrt oder vermindert

wird. Vielleicht endlich sind die Urfachen der galvanischen, elektrischen und magnetischen Erscheinungen nicht in eigenen Stoffen, sondern in bestimmten Verhältnissen der ponderablen Bestandtheile des Thierkörpers gegründet, in Verhältnissen aber, die analoge Bedingungen voraussetzen, und durch Verschiedenheit der Nutrition modificirt werden?

So unbekannt wir indess bis jetzt auch über die Natur der Urfache sind, welche fibrose Erschütterungen veranlaßt, so ist die Klage dennoch sehr ungerecht, daß wir seit des Koischen Meisters Zeiten in dieser Materie um nichts vorgerückt sind. Diese Klage ist denen verzeihlich, welche das Neuere verachten, um sich dadurch das Ansehen zu geben, als wenn sie das Aeltere kennen. Wer den Fortschritten der Physiologie belebter Thier- und Pflanzenstoffe gefolgt ist, den darf ich laut auffordern, das, was der große Haller über die sogenannten Lebensgeister gesammelt hat, \*) mit dem zu vergleichen, was wir am Schlusse dieses Jahrhunderts davon wissen. Wer konnte vormals nur die Möglichkeit fassen, daß die unmittelbare Berührung eines Muskels mit seinem inserirten Nerven eine Muskular-Contraction erregen, oder daß man aus den Organen viele hundert und tausend Fufs weit die thierische Flüssigkeit ableiten \*\*) kann, von welcher die fibrose

\*) Große Physiologie, B. 4. S. 563—618.

\*\*) Physiker, welche die Circulation eines eignen elektrischen, magnetischen oder galvanischen Stoffs bezweifeln, werden diese Stelle also übersetzen: wer konnte vormals die Möglichkeit fassen, wie ein entblößter Nerv viele hundert Fufs weit von sich Veränderungen hervor-



Bewegung abhängt? Wer konnte vormal's die Aehnlichkeit oder Verschiedenheit zwischen dem elektrischen und sogenannten Nervenfluidum mit dem Detail untersuchen, als es in diesen Blättern geschehen ist? Doch wir verweilen nicht selbstgefällig bei dem, was in diesem Jahrzehend geleistet ist, und wenden nützlicher unsern Blick auf die reiche Erndte, die noch vor uns liegt, und die wir auf dem Weg des Experimentirens und der Beobachtung grossen Theils erringen werden.

Ich habe bereits oben bei der Entwicklung meiner dynamischen Theorie über die Erscheinungen des Galvanismus bemerkt, dass dieselbe nicht nur die Coexistenz mitwirkender chemischer Urfachen nicht ausschliesst, sondern, dass ich es vielmehr für sehr wahrscheinlich halte, dass die eigenthümliche elektrische Ladung der Metalle ihre Temperatur, ihr Einfluss auf Verdampfung und Zersetzung tropfbarer und luftförmiger Flüssigkeiten die Hindernisse modificirt, welche den Durchbruch jener wirkfamen thierischen Materie verstärken. Hier ist der Ort, wo ich diese Behauptung näher entwickeln, das heisst, sie an andere, zum Theil wenig beachtete Erscheinungen anreihen muss. — Die Wirkung einer Dampfbelegung auf einer Fläche des Leiters lässt sich allerdings, wie S. 397. gezeigt ist, auf die Be-

bringen kann, wie in dem Experimente, wo die Zungenwarzen afficirt werden, wenn sie irgendwo einen Entendrath berühren, der die Kette zwischen einem Nerven und Muskel bildet.

Griffe von Widerstand und Gegendruck reduciren. Diese Reduction gewinnt dadurch an Wahrscheinlichkeit, weil sie die Möglichkeit zeigt, wie die Ketten Nerv. P. H. p. P. und Nerv. P. H. p. H. P. bei erhöhter Reizempfänglichkeit beide positiv seyn können. Sollte aber die Feuchtigkeit hiebei nicht noch eine andere Rolle spielen, als die der schnellern Zuleitung?

Schon Volta und Cavallo hatten entdeckt, daß Wasserdampf, welcher aus besprüzten glühenden Kohlen aufsteigt, positiv ist. Daraus war übereilt geschlossen worden, daß bei allen Verdampfungen der Zustand der Körper, auf welchen dieselben vorgingen, negativ sey. \*) Der große Genfer Naturforscher hat durch eine Reihe hinreichender und feiner Versuche diesen Irrthum widerlegt. Herr von Saussure fand, daß die positive und negative Ladung des Dampfes durch die Natur der Fläche, welche die Verdampfung erregt, modificirt werde. \*\*) Eisen und Kupfer, in Berührung mit Wasser, Alkohol oder Aether, zeigten

\*) Rozier Journ. de Phys. 1783. Août.

\*\*) Saussure Voyage dans les Alpes, Vol. 3. p. 315 — 345. Auf die Verdampfung selbst hat die Verschiedenheit der Metalle einen Einfluß, dessen Gesetz noch gar nicht gehörig erörtert sind. Auf Eisen und Kupfer zu gleichen Temperaturen erhitzt, verdampfen in gleichen Zeiten nicht gleiche Wassermassen. Hierauf gründet sich die Charlatanerie der Bader, welche die Güte der Rasirmesser nach der Schnelligkeit beurtheilen, mit der der ausgehauchte Wasserdampf auf der Klinge verdampfet. Die verschiedene Kohlung des Eisens bestimmt diese Schnelligkeit.

meist  $+E$ , Silber und gebrannter Thon meist  $-E$ . Wenn das erhitzte Silber einmal  $+E$  gab, so schien es, als käme diese  $E$  von einer fremdartigen Beimischung her; denn als der silberne Tiegel mit Salzgeist ausgefiedet ward, blieb die  $E$  immer negativ. Diese Entdeckung ist in der That überaus wichtig, und als sie Sauffure bekannt machte, ahndete er gewiss nicht, daß sie je einmal mit der Irritabilität der Muskelfaser in Beziehung gesetzt werden könnte. Als ich den Versuch über den unmittelbaren Contact organisch verbundener Theile noch nicht angestellt hatte, und die Erscheinung des Galvanismus einer äußeren Ursache zuzuschreiben geneigt war, glaubte ich in jener Sauffureschen Entdeckung den Hauptschlüssel des gesuchten Problems gefunden zu haben. Wenn zweierlei Metalle, dachte ich, Kupfer und Silber, z. B. an den feuchten Organen anliegen, so wird die thierische Feuchtigkeit an den Metallen verdampfen, und verschiedenartige Elektricitäten erwecken. Freilich hat Herr von Sauffure dieselben nur bei  $80^{\circ}$  R. und nie bei minderen Temperaturen bemerkt, aber wie schwach und unvollkommen sind unsere todten Elektroskope gegen die leise Erregbarkeit eines thierischen Organs. Was eine heftige Verdampfung im Großen hervorbringt, muß auch die schwächste im Kleinen bewirken. Jede Armatur erweckt also eine eigne  $E$ , und die Verbindung derselben, der positiven und negativen veranlaßt eine Explosion, welche als äußerer Stimulus auf die Organe wirkt. Die verschiedene Excitationsfähigkeit der Leiter kann, schloß ich

weiter, darauf beruhen, daß die Metalle eine mehr oder minder starke Ladung durch die Verdampfung empfangen. Nach den Genfer Versuchen schienen die edeln Metalle, Thon und andere Stoffe, welche das Wasser verdampfen, ohne es zu zersetzen, eine negative; diejenigen Metalle, welche bei der Verdampfung Wasserstoffgas erzeugen, eine positive Elektricität hervorzubringen. Die eisternen treten in einen negativen Zustand, weil sie ihr eigenes  $+E$  zur Bildung des Dampfes hergeben; den andern wird dies  $+E$  durch das, bei der Wasserzerlegung entbundene elektrische Fluidum reichlich ersetzt. \*) Diese Betrachtungen schienen mir zu erklären, warum sich Zink und Silber, Blei und Gold so wirksam bei dem Metallreiz äußern. Gold und Silber geben als verdampfende Flächen  $-E$ . Mit Zink und Blei sind noch keine Versuche angestellt; aber aus der Leichtigkeit, mit welcher beide das Wasser zerlegen, ist zu vermuthen, daß sie (wie Eisen und Kupfer)  $+E$  geben. Homogene Metalle können bei größerer Erregbarkeit der Organe Contractionen erregen. Denn es scheint unmöglich, beide Schenkel des Leiters zugleich anzulegen. Entsteht nun in dem früher angelegten, während der Verdampfung  $+E$ , so wird dadurch im andern Schenkel (vermöge der bekannten Gesetze) der entgegengesetzte Pol,  $-E$  erwecket. Tritt nun dieser negativ geladene auch in Contact, und erzeugt die Verdampfung in ihm  $+E$ , so wird eine schwache Explosion zwischen  $+E$  und  $-E$  erfolgen. Ist das Organ für

\*) a. a. O. S. 338.

diese aber nicht empfänglich, so muß auch alle fibröse Erschütterung ausbleiben, denn in den Ketten Nerv. P. P. oder Nerv. P. p. P. liegen bloß homogene Metalle an den verdampfungsfähigen Organen, und zwischen gleichnamigen Elektricitäten ist keine Entladung denkbar. Wird das heterogene Zwischenmittel  $p$ , aber auf einer Fläche behaucht, so wird auf diesem  $-E$  (oder  $+E$ ) erzeugt, wenn  $P$ , und  $P. + E$  (oder  $-E$ ) haben. Der Hauchversuch Nerv. P. H. p. P. muß also, nach dieser Dampftheorie, allerdings die fibröse Erschütterung verkündigen, welche die Erfahrung bestätigt. Wenn es gegründet ist, daß die Erdstöße bei vulkanischen Explosionen von einem Wassersturz in den glühenden Crater und einer ungeheuern Masse dadurch entbundener Elektricität herrühren, so schien es auffallend, daß einerlei Kraft den Erdkörper, und die zarte Muskelfaser der Naide erschüttert!

Diese Ideen, welche die Lesung der Sauffureschen Alpenreise in mir erweckte, und welche während meines Aufenthalts in Bex und St. Pierre (am Fusse des Bernhards) mich aufs angenehmste beschäftigten, eilte ich meinen Genfer Freunden mitzutheilen. Sie freuten sich mit mir über die glänzende Aussicht, welche zur Lösung des galvanischen Problems geöffnet schien, und zu welcher so einfache Thatfachen gleichsam von selbst hinführten. Herr von Sauffure warnte mich indess (und warum sollte ich der edeln Selbstverläugnung und Wahrheitsliebe des großen Mannes nicht erwähnen?)

seinen eignen Versuchen nicht zu unbedingt zu trauen; er rieth mir, selbst zu experimentiren und alle Facta aufs neue zu vergleichen.

Diese neue Revision überführte mich von meinem Irrthume noch ehe ich zu dem Experimentiren selbst schreiten konnte. Wenn Wasser auf Kohle verdampft, so entsteht, trotz der Wasserzeretzung (welche gewiss heftiger als beim Zink ist) nicht positive, sondern stets negative Elektrizität. Und gerade diese Kohle giebt mit dem auch negativen Silber heftigere Contractionen als mit dem Eisen. Ferner glücken die galvanischen Versuche vollkommen unter Wasser und Oel. Wo ist hier, wo alle Organe und Metalle versenkt sind, der Begriff von Verdampfung auch nur denkbar. Auf eine Theorie also, die allein oder hauptsächlich auf den elektrischen Zustand der Leiter in Berührung mit evaporablen Substanzen beruht, muß man Verzicht thun.

Wenn aber auch die galvanischen Erscheinungen in vielen Fällen eintreten, in denen keine Verdampfung wirksam ist, so kann dieselbe doch in vielen anderen Fällen eine wichtige Nebenrolle spielen. Es ist sehr denkbar, daß nicht bloß der oben erwiesene perpetuirliche Ladungszustand trockner Metalle die Hindernisse modificirt, welche sich dem galvanischen Fluidum bei seinem Durchgange entgegen stellen, sondern daß auch diese Hindernisse durch die Verdampfungen an den feuchten Metallen vermehrt oder vermindert werden. Es ist denkbar, daß der Durchbruch in der Kette

Nerv. P. H. p. P. nicht bloß darum später (und also heftiger) als in Nerv. P. p. P. geschieht, weil in jener die Ziehkraft des mittleren Theils der Leitung  $p$  (gegen  $P$  und  $P$ ) durch  $H$  gemindert wird, und der eine Strom also langsamer dem andern zu Hülfe kommt, sondern auch, weil durch die feuchte Belegung des heterogenen Metalls,  $p$ , eine Elektrizität erregt wird, welche der  $E$  der schon durchdrungenen Armaturen mit  $P$  und  $P$  entgegen gesetzt ist.

Aber auch ohne Verdampfung kann die chemische Zersetzung thierischer Lymphe durch die Leiter einen wesentlichen Einfluss auf den Durchbruch des galvanischen Fluidums haben. Auffallend ist es allerdings, daß gerade die Stoffe, welche eine so genaue Affinität zum Sauerstoff äußern und daher alle Sauerstoffhaltige tropfbare Flüssigkeiten so leicht zersetzen, wie metallische und kohlenstoffhaltige Substanzen, eine wichtige Rolle unter den Excitatoren spielen. Einige Physiker haben hierinnen die Auflösung des ganzen galvanischen Systems zu finden geglaubt. Herr Fabbroni zu Florenz schreibt in einem Brief an Herrn von Crell \*): „Ich habe mich überzeugt, daß die Erscheinungen des Galvanismus von einer bloß chemischen Kraft herrühren, welche die trocknen und kalten (?) Metalle wechselseitig ausüben, um den Feuchtigkeitsstoff und die thierische Lymphe wechselseitig zu zersetzen.“ Herr Creve hat ähnliche Ideen in dem 14ten Stück des Journals der Erfindungen und Widersprüche in der Arzneiwissen-

\*) Chemische Annalen 1795. St. 12. S. 503.

schaft \*) angekündigt. Er glaubt die wahre Natur des Metallreizes entdeckt zu haben und behauptet: „dafs vermittelt zweier mit einander verbundenen „Metalle, oder eines Metalls und der Kohle, das ent- „weder den Nerven oder den Muskel umgebende „Wasser in einer gewissen Menge zersetzt werde, in- „dem der das Wasser zum Theil bildende Sauerstoff „wegen der nahen Verwandtschaft zu den Metallen „und dem Kohlenstoff, sich vom Wasserstoff losreißt. „Diese Zersetzung geschieht zwar an dem unmittel- „bar die Metalle berührenden Theile des Wassers, „wirkt aber in einem entfernten Kreise.“ Herr Creve hat „eine ähnliche Erscheinung oft bei seinem Früh- „stück wahrgenommen. Warf er ein Stück Zucker „in sein einfaches Theewasser, überließ er dasselbe „eine Zeitlang seiner Auflösung und berührte er dann „die Oberfläche des Theewassers mit der Zungen- „spitze so empfand er keinen süßen Geschmack, je „näher aber mit der Zungenspitze dem Zucker kam, „desto lebhafter empfand er Stufenweise den süßen „Zuckergeschmack!“ Er versichert uns, dafs die Chemie, Physiologie und praktische Heilkunde die wichtigsten Aufschlüsse von dieser Entdeckung der Natur des Metallreizes zu erwarten habe. Selbst auf die angewandte Mathematik soll sich ihr wohlthätiger Einfluß erstrecken. „Was „(sagt Herr Creve,) wird nicht die Hydraulik gewinnen, wenn wir den Einfluß metallener Röhren „auf das Wasser in einige Erwägung bringen?“ Laut

\*) S. 150. Vergl. Medic. chir. Zeitung, Salzbg. 1795. N. 1.



dem 18ten Stücke der medicinisch-chirurgischen Zeitung \*) glaubt er nun nicht mehr, daß das Hydrogen für sich die belebten Nervenfasern afficire; er zweifelt nicht mehr daran, daß bei dem Galvanisiren das elektrische Fluidum in Umtrieb gesetzt werde; sondern er behauptet vielmehr: „daß bei der Anlegung der Metalle an die thierischen Theile zuvörderst ein chemischer Proceß Statt habe, bei welchem die zwei Metalle das Wasser in seine nächsten Bestandtheile zerlegen, zu gleicher Zeit eine Quantität Wärmestoff noch hinzuleiten, der sich mit dem, während der Zerlegung des Wassers frei gewordenen vereint. Der Sauerstoff verbindet sich sodann mit dem Metall und der Wasserstoff mit dem Wärmestoff; es entsteht aus der Verbindung der letzteren ein elektrisches Wesen, welches als Product des Processes eigentlich die nächste Urfach des Metallreizes ist. Gardini hat bewiesen, daß das elektrische Feuer aus Wasserstoff und Wärmestoff zusammengesetzt sey.“

Ich erstaune in der That, wie Herr Creve in diesen Ideen die Auflösung des großen Problems finden kann. Ich will ihm zugeben, (was ich mit den Herren Van Marum, Volta, Lichtenberg, Fourcroy, Cavendish und so vielen andern großen Physikern für sehr unerwiesen halte,) daß das elektrische Fluidum ein feines Wasserstoffgas sey; ich will zugeben, daß ein Metall bei jeder Temperatur das Vermögen habe Wasser augenblicklich zu zer-

setzen;

\*) Von 1797. St. 18. S. 324.

setzen; ich will zugeben, daß in, der Medullar-  
 substanz des Nerven, wo sie die Armatur berührt, wirk-  
 liches Wasser und zwar in Menge zugegen sey —  
 und bei allen diesen Annahmen weiß ich mir die  
 einfachsten galvanischen Versuche nicht zu erklären,  
 die Versuche ohne Metall und Kohlen, mit bloßen  
 Leitern von thierischen Theilen. Man trennt ein  
 Stück vom Schenkelnerven eines recht erregbaren  
 Frosches, und schiebt dasselbe mittels einer Glasröhre  
 zwischen den Nerven und seinen Muskel. Es er-  
 folgen lebhaftere Contractionen. Diese Beobachtung  
 habe ich nicht allein oder zuerst gemacht. Sie ist  
 den Herren Galvani, Volta, und Aldini längst  
 bekannt gewesen. Wodurch wird denn hier das  
 Wasser zersetzt? Noch mehr: man nehme an, daß  
 auch alle feuchte Stoffe, ein getrenntes Nervenstück  
 z. B. oder nasser Bindfaden die Fähigkeit haben das  
 Wasser zu zersetzen; wie ist es wahrscheinlich, daß  
 ein Atom von frei gewordenem Hydrogen, ein Mi-  
 nimum von Elektricität kräftige Muskularerschüt-  
 tungen erzeuge, während daß eine unendlich be-  
 trächtlichere Quantität künstlich erregter Elektricität,  
 (die einer geriebenen Stange Siegelack oder einer  
 geriebenen Glasröhre) in die Organe geleitet, keine  
 Spur einer Bewegung hervorbringt?

So unwahrscheinlich es demnach auch ist, daß  
 plötzlich freigewordenes Hydrogen die Ursach der  
 galvanischen Contractionen sey, so gegründet ist die  
 Vermuthung, daß chemische Veränderungen, wel-  
 che der Contact der Metalle mit verschiedenen Flüs-  
 sigkeiten hervorbringt, den Durchbruch des Fluidums

$G$  modificiren können. Was nicht Hauptbedingung einer Erscheinung ist, kann doch als Nebenbedingung eine wichtige Rolle spielen. Jede leise Oxydirung der Leiter, jede Umhüllung desselben durch Sauerstoff mindert (wie im sechsten Abschnitt gezeigt ist,) ihre Leitungskraft. Nimmt man also an, daß bei dem Hauchversuche

Nerv.  $P$ .  $H$ .  $p$ .  $P$ .

Wasser zerlegt werde, so kann diese Zerlegung auf dreifache Weise wirken. Die Metalle  $P$  und  $p$  können durch eine geringe Verkalkung dem durchfließenden  $G$  neue Hindernisse entgegensetzen, oder ihre Leitungsfähigkeit kann durch eine plötzliche Erkältung (als Folge der Verdampfung und chemische Zersetzung) gemindert werden; oder die, bei der Zersetzung vom Wasser, vom flüssigen Ammoniak und vom Alkohol frei werdende Stoffe, (Hydrogen, Azote und Kohlenstoff) können sich dem ihnen vielleicht verwandten galvanischen Fluidum beimischen und demselben feinen Durchgang erschweren oder erleichtern. Ja; die bloße Erwärmung und Erkältung eines Metalls, ohne alle Mitwirkung feuchter Stoffe, erregt schon eine  $E$ , welche Herr Vassali \*) an einem Elektrometer (das die Ladung von  $\frac{1}{700}$  Gran Schwefel misst) beobachtet hat. In so feinen Materien muß man auch unwesentlich scheinende Umstände nicht übergehen.

Ueberhaupt deuten einzelne Erfahrungen auf ein unbekanntes Verkehrr zwischen Elektrizität und

\*) Hrn. v. Crell's chemische Annalen, S. 1795. S. 518.

Wasser, oder Elektrizität und Lebensluft. Cuthbertson hat entdeckt, daß eine Kleist'sche Flasche stärker geladen wird, wenn man den unbelegten Theil derselben mit Dampf beschlagen läßt. \*) Eine positiv elektrische Atmosphäre wird nach Read's Versuchen \*\*) negativ, wenn durch athmende Thiere oder Fäulungsprocesse der Sauerstoff daraus abgetrieben wird. Stehen diese Verhältnisse, über die es noch an abgeänderten Versuchen fehlt, mit meinem Hauchexperiment in Verbindung?

Wenn der Verstand um die Ursachen räthselhafter Erscheinungen verlegen und durch lange Gewohnheit noch nicht in eine träge Gleichgültigkeit verfallen ist, so greift er gleichsam spielend zu den entferntesten Analogien, um aus ihnen Licht über das streitige Problem zu ziehen. Manipulation, Thouvenel's Erz- und Wasserfucher, das Drehen vom entblößten Degen auf zwei Fingerspitzen, das Kreifen eines an einem hanfenen Faden aufgehängenen Schwefelkieses über metallenen Platten waren nie so ernsthafte Gegenstände des Nachdenkens, als seitdem die galvanischen Versuche von Italien her zu uns kamen. Was man vormals Ruthengehen nannte, belegt man jetzt mit dem feineren und empfehlenderen Namen unterirdische Elektrometrie. Weit davon entfernt, von dem Speculiren

\*) *Allgemeene Eigenschappen van de Electricität, tot Amfield. 1782 — 1794 im dritten Theil. — Göttinger Taschenbuch, 1796. S. 183.*

\*\*) *Phil. Transact. for the year, 1794. P. II. p. 266.*

über Dinge abzumahnen, deren Daseyn eben so schwer zu erweisen als ihre Unmöglichkeit schwer zu bestreiten ist, wüßte ich nur, daß man unpartheiisch und vorurtheilfrei experimentire, abgeänderte Versuche wiederhole und alle Nebenumstände betrachte. \*) Es ist gewiß, daß auch die kleinste Masse von Materie in den größten Entfernungen auf andere Materie wirkt; gewiß, daß durch das Anzünden einer Fackel die Temperatur des ganzen Luftkreises abgeändert wird; gewiß, daß Wasser, welche in großer Tiefe fließen, durch ein Minimum von Dämpfen die Natur der darüber stehenden Luftschicht modificiren — ob aber die Veränderungen, welche jene Ursachen bewirken, groß genug sind, um von menschlichen Organen \*\*) empfunden zu werden, dieses können wir nicht entscheiden, da es kein abso-

\*) Durch welche Kraft wirken einige Schlangenarten durch bloßes Ansehen auf das Nervensystem anderer Thiere? Aus den Thatfachen, die Herr Vaillant in seiner neuen Reise bekannt gemacht, sieht man, daß die bisherigen Erklärungen, welche von giftigen Ausdünstungen oder betäubendem Schrecken hergenommen wurden, nicht befriedigend sind. Menschen verlieren ihre Muskelkraft, wenn die Augen der Schlange auf sie geheftet sind, ohne daß sie das Thier selbst sehen. S. die Geschichte eines Offiziers auf Ceylan in Le Vaillant's Neue Reisen in das Innere von Afrika, 1796. B. 1. S. 84.

\*\*) Der Abt Giraud Soulavie glaubte sogar Beziehungen zwischen dem Charakter der Menschen und den Gebirgsarten, auf denen sie wohnen, zu bemerken. In Basaltreichen Gegenden ist das Volk zu religiösen und politischen Revolutionen sehr geneigt. Vergleiche meine Mineralogische Beobachtungen über einige Basalte am Rhein, 1790. S. 20.

lutes Maafs für das Maximum der Erregbarkeit giebt. Die Thatfachen, welche von Herrn Thouvenel's Wundermann, der ein dreifaches lebendiges Hydrofkop, Anthrakofkop und Metallofkop vorstellte, bekannt geworden find, müffen, wenn man fie zergliedert, gerechtes Erftaunen \*) erregen. Wenn man bedenkt, dafs Pennet unter den Augen der Grafen Gazola und Niccolo da Rio, des Abts Olivi von Chioggia, der Profeforen Toaldo, Gallini und Mandruzzato operirte, fo kann man fich (auch ohne das Vertrauen, welches Thouvenel's liebenswürdiger Charakter einflöffen könnte,) den Gedanken nicht erlauben, die günstigen Verfuche einer feinen Betrügerei, oder dem bloffen Zufall zuzufchreiben. Herr Fortis fagt hierüber fehr wahr: „*se un numero di fatti affirmativi circostanziati e garantiti da persone superiori ad ogni accezione non basta a stabilire irremovibilmente la teoria del Sig. Thouvenel, poiché ha pur un numero di fatti negativi a fronte, dee però bastare a far sì, che tutti coloro, che aspirano alla qualificazione di sensati uomini, cessino dal declamare contro di essa fragionando, e più ancora dell abbandonarsi a quell' irrifione che non è mai figlia del vero sapere ch' è mai sempre creanzato e*

\*) *Résumé sur les expér. d'Electrometrie souterraine faites en Italie et dans les Alpes depuis 1789 — 1792, Brescia 1793. Esperienze eseguite da Pennet in Verona nel mese di Luglio 1793. per D. Ramanzini. Lettera del Sign. Abate Spallanzani su gli sperimenti a Ruerenze 1791. Lettera del Abate Alberto Fortis su gli sperim. di Pennet nel regno di Napoli, nella Romagna e sullo fiato Veneto.*

„modesta in conseguenza del conoscere d'essere assai cir-  
 „costritto. Una prudente sospensione, uno  
 „zelo discreto, ed ingenuo per lo scoprimento  
 „della verità e per la difesa di essa e quanto conviene ai  
 „dotti ed agli onesti in siffatti casi.“ Das Experiment  
 mit dem Schwefelkiese setze ich in eine Classe mit  
 dem über das Drehen des Dégengefäßes, welches  
 zwei Menschen halten, und das ein dritter (in dessen  
 Atmosphäre jene stehen) durch das Reiben der Hand  
 auf der entblößten Brust sich bald rechts, bald links  
 zu wenden zwingt. Wiederholte Versuche haben  
 mich überzeugt, beides bis jetzt für Täuschung  
 zu halten. Der Degen dreht sich oft, ohne daß man  
 sich einer Bewegung bewußt ist, oder ohne daß die  
 dritte Person zu reiben angefangen hat. Er wendet  
 sich im Drehen um, wenn er, der Theorie nach, die  
 entgegengesetzte Richtung nehmen sollte. Bei der  
 Glätte der Berührungsfläche, dem Zittern in den  
 Finger指尖en zweier Menschen, deren Aufmerksamkeit  
 gespannt ist, bei zufälligen Luftbewegungen ist  
 kein reines und höchstens ein negatives Resultat zu  
 erlangen. Ich habe, wie es der Graf Fantuzzi  
 vorschreibt, Schwefelkieswürfel an seidne oder han-  
 fene Fäden gehangen, und über Platten von edeln  
 Metallen und Holztafeln kreisen lassen. Wenn mir  
 die Augen verbunden waren, so versicherten alle  
 Anwesende, daß der Würfel durch das untergelegte  
 Metall in seiner Ruhe nicht gestört werde. Aber  
 leider! mag wohl ich und alle, die mit mir das  
 italienische Experiment wiederholten, zu der Gattung  
 von Menschen gehören, die von der Natur so ver-

wahrloset find, dafs die edeln Metalle nicht reizend genug auf sie wirken.\*)

Ich komme auf Erscheinungen zurück, die in der Wahrnehmung weniger zweifelhaft find, und die allerdings mit dem Galvanismus zusammen zu hängen scheinen. Wenn wir aufmerksam auf die Zusammensetzung galvanischer Ketten find, so sehen wir, dafs die Berührung verschiedenartiger Metalle eine der wichtigsten Rollen dabei spielt. Wirkt, dachte ich oft, dieses Verhältnifs blofs dadurch, dafs es den Strom des Fluidums G aufhält, und eine

\*) „*Uno sperimento aveva dimoſtrato al Signor. Conte Marco Fantuzzi (Cavaliere Ravignano) eſiſtere delle „diſpoſizioni particolari in differenti individui, che „ſembrano negare del tutto alla maggior „parte. Io non conoſceva l'azione dei metalli ſu la „pyrite di ferro, tenuta da un uſmo penzoloni appeſa „ad un filo, a non gran diſtanza dalla particolare loro „atmosfera. Io l'ho veduta la prima volta a Gualdo „dove anche l'ho provata in perſona mia” (der Abt Fortis ſchreibt an Spallanzani) „Chiudete in uno „de' tiratòj del voſtro ſcrittojo, ſotto quanto più „groſſa e doppia tavola volete, una ſomma d'oro o „d'argento, o lavori di tali ſoſtanze, che abbiano qual- „che volume. Abbiate appeſo ad un filo di lino, „canape o ſeta (colla lana non l'ho ancor provata) una „di quelle pyrite cubiche, che volgarmente ſon dette „Pietre degl' Incas; e il filo ſia per eſempio lungo due „piedi. Tenetevi diſcoſto dallo ſcrittojo, per non „toccarlo con alcuna parte della perſona; e portate ſu „la parte di eſſo, che copre i prezioſi metalli, la „voſtra pyrite appeſa, tenendone il filo; fra il pollice „e l'indice. Poco ſiarà che, ſe avete l'opportuna „diſpoſizione, la pyrite incomincerà o a girare, „formando un cerchio ſempre creſcente, o ad oscillare „formando una ſiretiſſima eliſſe. In mano mia ſà „queſt' ultimo eſſetto; in mano al Conte Fantuzzi*



Anhäufung veranlaßt, oder sollte nicht dieser Contact irgend eine Veränderung in den unbelebten unorganischen Stoffen hervorbringen? Ein Freund, dessen Scharfſinn und ausgebreitete Gelehrſamkeit ich ſchon ehemals benutzt, D. Aſh aus Oxford hat mich der Beantwortung dieſer Frage näher gebracht. „Meine ganze Aufmerkſamkeit, ſchrieb er mir am 10. April 1796. iſt ſeit einiger Zeit auf die Metalle ſelbſt gerichtet. Ich wünſchte den Veränderungen auf die Spur zu kommen, welche durch die Berührung gleichartiger oder ungleich-

*„deſcrive un cerchio, che dal diametro d'un pollice giunge progreſſivamente a quello di due piedi. Se dal tenerla ſopra i metalli la trasportarete ſu d'una pietra, ſu d'un libro o ſu d'un legno, o ſe farete togliere eſſi metalli del luogo loro, i circoli della pyrite ſi andranno e reſtringendo, e a poco a poco eſſa ritornerà alla ſua immobile perpendicolarità. Lo ſteſſo vedrete accadere ſe nel momento che girà più violentemente, vi metterete in comunicazione collo ſcrittojo, appoggiandovi un ginocchio o la mano, ovvero facendo, che qualche altra perſona in contatto con voi ve l'appoggia. La pyrite gira anche ſu i cumuli metallici ſcoperti e particolarmente ſulla arena marziale nera. Troverete molte perſone fra le mani delle quali la pyrite non ſi muove punto, e quaſi diviſe in egual numero quelle, fra le mani delle quali ſà i due diverſi movimenti, che v'ho accennato.“*

*Fortis l. c. p. 11.* Ich habe dieſe ganze Stelle wörtlich abdrucken laſſen, weil ich in mehreren Briefen um nähere Nachricht über die Anſtellungsart des Verſuchs befragt worden bin. Bei meinem vorigjährigen Aufenthalte in den Euganeiſchen Gebirgen konnte ich leider! von dem Abte ſelbſt, da er ſeine Villa zu Galzignano verlaſſen hatte, keine nähere Auskunft erhalten.

„artiger Metalle hervorgebracht werden. Aus eini-  
 „gen Versuchen scheint es mir mehr als wahrschein-  
 „lich zu seyn, daß sich in den Metallen, die die  
 „größte galvanische Wirksamkeit zeigen, eine bemerk-  
 „bare chemische Mischungsveränderung ereignet.  
 „Legen Sie zwei homogene Zinkplatten mit Wasser  
 „befeuchtet aufeinander, so daß sie sich in so vielen  
 „Puncten als möglich berühren, so werden Sie,  
 „wenn die Stoffe recht gleichartig sind, äußerst  
 „wenige Wirkung bemerken. Legen Sie aber auf  
 „die nemliche Art Zink und Silber zusammen, und  
 „Sie werden bald sehen, daß sie einen starken Effect  
 „auf einander hervorbringen. Der Zink scheint sich  
 „zu oxydiren, und die ganze Oberfläche der ange-  
 „feuchteten Silberplatte ist mit einem feinen weißen  
 „Staube (Zinkkalk) bedeckt. Blei und Quecksilber  
 „wirken eben so stark auf einander, so wie auch  
 „Eisen und Kupfer.“

Diese Entdeckung, welche ich Herrn Ash ver-  
 danke, ist in jeder Rücksicht überaus merkwürdig.  
 Zwar hatte (gegen Wasserberg \*) schon Laffone  
 die Zerlegung des Wassers durch Zink beobachtet.  
 Er übergoss frische Zinkfeile mit destillirtem Wasser  
 in einer fast ganz gefüllten wohl verstopften Flasche,  
 und bemerkte gleichzeitige Entstehung von Zinkkalk

\*) *Institut. chimicae* §. 1702. Laffone in *Crell's chem.*  
*Journ. Th. 3. S. 170.* aus den *Mémoires de Paris* von  
 1792. p. 380. Gren sagt: „das Wasser löst auch nichts  
 „von ihm auf, doch verdienen Laffone's Erfahrungen  
 „hierüber weitere Prüfung.“ *Handbuch der Chemie*  
*Th. 3. 1795. §. 3221.*

und Entbindung häufiger Blasen. Aber Laffone ahndete nicht, wie sehr diese Verhältnisse von dem Contact zweier verschiedenartiger Metalle abhängen. Ich bin noch damit beschäftigt, die Experimente des D. Ash zu vervielfältigen, und habe bis jetzt folgende Resultate erhalten: Wenn man eine befeuchtete Zinkplatte auf einen flachen silbernen Präsentirteller legt, so entstehen, wenn das Wasser etwa  $12^{\circ}$  R. hat, in 4 bis 5 Stunden deutliche Spuren einer Wasserzersetzung. Um die Zinkplatte legt sich ein Rand von weißem Zinkkalk, der genau den Umrissen des Metalls parallel läuft. Wenn dieses an dem einen Ende breiter als an dem anderen ist, so zeigt der Kalkbeschlag (und hat er auch einen Durchmesser von einem halben Zoll) dieselbe Ungleichheit. Es scheint demnach, als wenn der schon gebildete Zinkkalk von dem neu entstehenden, von dem Metall abfallenden, leise weggeschoben werde. Während der Oxydation bemerkte ich bisweilen Luftblasen aufsteigen. Die Analogie mit anderen verwandten Erscheinungen läßt vermuthen, daß diese Blasen inflammable Luft sind, welche aus dem, in feine gasförmige Bestandtheile zerlegten Wasser entsteht. Die Menge derselben, welche ich in eine Glasröhre steigen liefs, war bisher zu klein, um entscheidende directe Versuche zu machen. Das Azote (welches mit wenigem Sauerstoffgas verbunden, die Zwischenräume des Wassers ausfüllt) mischt sich ohnedies mit jenem Hydrogen, und die Chemie kennt noch kein Mittel, Stickstoffluft und Wasserstoff-

luft von einander zu trennen. \*) Wenn ich mit gemeinem Wasser arbeitete, fand ich, wie Herr Ash, den Zinkkalk mit Salzsäure schwach aufbrauend. Bei destillirtem Wasser wurde dies Aufbrausen anfangs gar nicht wahrgenommen, sondern zeigte sich erst, wenn das Pulver Tagelang der Atmosphäre ausgesetzt war. Der Zinkkalk scheint demnach (wie das oxydirte Blei) Kohlensäure aus dem gemeinen Wasser, und nachher aus der Luft, an sich zu ziehen.

Um Gegenversuche über die gegenseitige Wirkung der Metalle bei ihrem Contacte anzustellen, legte ich nicht Zink auf Zink, sondern Zink auf feuchtes Glas. Alle obige Erscheinungen erfolgten, nur später und schwächer. Nach 20 Stunden verhielt sich die Menge des oxydirten Zinks auf dem Glase zu der auf dem Silber = 1:3. Haben aber diese Phänomene etwas mit denen des Galvanismus gemein? Lassen sie auf eine besondere Kraft schließen, welche durch den Contact zweier heterogener Metalle in Umtrieb gesetzt wird? Diese Fragen sind für jetzt noch sehr schwer zu beantworten, da sie isolirte Thatfachen betreffen, „des pierres d'attente,

\*) Ich glaube, daß man dieses Mittel in einem elektrischen Apparate, der dem Volta'schen Eudiometer ähnlich wäre, finden könnte. Man ließe Sauerstoffgas, welches durch Phosphor gereinigt wäre, zu dem Luftgemenge, und wöge das specifische Gewicht des durch die E. niedergeschlagenen salpetersauren Wassers. An einem andern Orte, wo ich von Zerlegung der Luftgemenge handle, werde ich auf diesen Gegenstand zurückkommen.

(wie sie Herr Pictet nennt,) *que les physiciens posent „ça & là dans leurs travaux & qui trouveront un jour leur place.“* Es ist sehr denkbar, daß die Wasserzer-  
setzung nicht bloß durch die Ziehkraft des sich ver-  
kalkenden Metalls zum Sauerstoff, sondern auch  
durch die Temperatur desselben, seine Form und  
elektrische Ladung, modificirt wird. Ueberall, wo  
Stoffe ihren Cohäsionszustand verändern, erstarren  
oder flüssig werden, wird elektrisches Fluidum ge-  
bunden oder entbunden. Wenn also die größere  
Menge des entstandenen Zinkalks auf dem Silber  
von der Menge der dabei rege gewordenen *E.* her-  
rührte, so könnte das Experiment allerdings auf  
etwas hindeuten, was mit dem Galvanismus in näher  
Beziehung stände. Eben die Ursache, welche bei  
der Wasserzerlegung als ein so wichtiges chemisches  
Agens wirkte, könnte auch den Durchbruch des  
galvanischen Fluidums und die Natur der feuchten  
Leiter modificiren,

Aber so lange noch andere Erklärungsarten  
möglich sind, welche auf längst bekannte Naturkräfte  
hinweisen, darf man nicht allein zu unbekannten  
Wirkungen seine Zuflucht nehmen. Sollte jenes  
merkwürdige Experiment sich nicht auf eine zusam-  
mengesetzte Verwandtschaft gründen? Das Silber  
hat unter jeder Temperatur einige Ziehkraft zum  
Sauerstoff. Liegt nun eine dünne Wasserschicht  
zwischen dem Zink und Silberplättchen, so sind die  
Ziehkräfte beider Metalle thätig, dieselbe zu zerle-  
gen. Wir kennen mehrere Fälle aus der Experi-  
mentalchemie, in denen zwei heterogene Stoffe

leichter, als einer einen dritten in seine Bestandtheile auflösen. Kein Wunder daher, daß Zink auf Zink, oder Zink auf Glas weniger Wasser zerlegt, als der Contact heterogener Metalle. So wie das Silber auf die Oxydation des Zinks wirkt, so wirkt auch dieser auf die Verkalkung des Silbers. Das letztere läuft nicht nur pfauenschweifig an, sondern man kann auch wahren Silberkalk davon abschaben. Hierbei ist aber sehr auffallend, daß die Veränderung des Silbers sich nicht unter dem Zinkkalk, sondern erst da findet, wo dieser aufhört, also oft  $\frac{1}{2}$  Zoll weit vom regulinischen Zink entfernt. Auf diesen letztern Umstand hat mich Herr G ö d e k i n g aufmerksam gemacht, ein kenntnißvoller Chemist, mit dem ich eine weitläufige Arbeit über Auflösung des Phosphors in Stickgas gemeinschaftlich unternommen.

Die Bemerkung, daß der Zink in Vergleich mit anderen Excitatoren eine so wichtige Rolle bei den galvanischen Versuchen spielt, hat die Physiker veranlaßt, über die Unterschiede dieses Metalls von andern Metallen nachzufinnen. Unter den vielfachen Verhältnissen, welche sich bei dieser Untersuchung darbieten, scheint keines in so unmittelbarer Beziehung mit den Erscheinungen der thierischen Materie zu stehen, als die Heilkraft des Zinks bei Nervenübeln. Gaubius \*) kaufte das *arcanum der Luna*

\*) *Brunnemann de Praecip. Zinci calcibus*, Lipsiae 1796. p. 24. Sammlung auserlesener Abhandlungen zum Gebrauch praktischer Aerzte, B. 5. S. 234. B. 9. S. 350.

*fixata* von einem Amsterdammer Charlatan, Namens Ludemann, und wenn es auch nachmals unter den Händen einiger großen Aerzte nicht fortgefahren hat, eben so auffallend kräftig zu wirken; so hat es doch seinen Ruhm noch nicht ganz eingebüßt. \*) Ich will nicht daran erinnern, daß andere Metalle, welche bei den galvanischen Versuchen keine ausgezeichnete Stelle behaupten, wie Arsenik und Quecksilber, weit mächtiger auf die sensible Fiber als Zinkkalk wirken. Die Betrachtung allein, daß Zink und Gold, Graphit und Platina fast eben so wirkame Excitatoren, als Zink und Silber sind, entfernt die Idee von einem Zusammenhange zwischen dem Zink als Nervenmittel, und dem Zink als Leiter des Galvanismus.

Ist das galvanische Fluidum einer Thiergattung wesentlich von dem einer andern verschieden? Es wäre voreilig; diese kühne Frage in eine Classe mit denen über die Schnelligkeit des Nervenastes und dem Durchmesser der (hypothetisch erfabekten) Markkugeln zu setzen. Ich erinnere an die Versuche, deren ich im siebenten Abschnitte dieses Werks erwähnt habe. Ein eiserner Draht, welcher die entblößten und armirten Nerven meines Rückens verband, reizte die Geschmacksorgane mehrerer

\*) Herr Richter sagt in seinen classischen Med. Chirurg. Bemerkungen, B. I. S. 136. „Die Flores Zinci „habe ich, bei epileptischen Zufällen, einigemal ohne „Nutzen, einigemal aber auch mit einem auffallend „glücklichen Erfolg gebraucht. Ich bin aber nicht im „Stande, die Fälle zum voraus zu bestimmen, in welchen dieses Mittel wirksam oder unwirksam ist.“

Personen, welche denselben über ihre Zunge wegstreichen ließen. Dieser Reiz erfolgte nie, wenn der Versuch bei Froschnerven unter denselben Bedingungen wiederholt ward. Liegt nicht der Grund dieser Verschiedenheit darin, daß menschliche Organe leichter von einem Fluidum afficirt werden, als aus einem warmblütigen, als von einem, das aus einem kaltblütigen Körper ausströmt? Ist es nicht denkbar, daß, so wie alle thierische Flüssigkeiten in den verschiedenen Gattungen verschieden sind, daß so auch der feine Stoff, welcher in den Nerven und Muskeln angehäuft ist, und durch dessen Beimischung oder Entziehung sich die andern Elemente der Längenfaser (ihren chemischen Ziehkraften folgend) verkürzen, daß dieser feine Stoff, sag' ich, ebenfalls in verschiedenen Thiergattungen, ja in einer Species nach Verhältniß des Geschlechts, des Alters und der Lebensart verschieden sey? Wären die Wirkungen, welche das galvanische Fluidum (bei seinem Strömen durch leitende Ketten) auf unbelebte Stoffe äußert, nicht aller Wahrnehmung entzogen, so hätten wir Mittel in Händen, jene Verhältnisse auszuspähen. Aber leider! bringt dasselbe bei seinem Umlaufe nur in erregbaren (Simmes) Organen bemerkbare Veränderungen hervor, und diesen feinen Werkzeugen ist zu solchen Prüfungen wenig zu trauen, da die Stärke der Reizung nicht von dem Stimulus allein, sondern zugleich von der Erregbarkeit der Faser abhängt.

Ist das galvanische Fluidum als ein feines Gas zu betrachten? Diese Frage ist nicht ganz bestimmt.



Setzt man das Wesen einer Gasart in der Expansion durch Wärmestoff, so sind die Sonnenstrahlen (wenn man mit Herrn Leonhardi den Wärmestoff als *fluide déférent* der Lichtbasis betrachtet) und das elektrische Fluidum, seit van Marum's Entdeckung, allerdings als Gasarten zu betrachten. Gedenkt man aber an den Unterschied zwischen wiegbaren und unwiegbaren, sperrbaren und unsperrbaren Flüssigkeiten, so wird der Abstand der Elektrizität des Sonnenlichts und des Magnetismus von den ausschließlich sogenannten Gasarten sehr auffallend. Die magnetische Materie durchströmt jede Substanz, ihre Dichtigkeit mag noch so beträchtlich seyn. Eben so unsperrbar ist der Wärmestoff und die Elektrizität. Wird die letztere auch nicht durch Glas fortgeleitet, so wirkt sie doch durch das Glas durch, indem sie jenseits desselben entgegengesetzte elektrische Pole erregt. In dieser Unsperrbarkeit liegt der Grund, warum wir so selten genaue Versuche über die feinen Stoffe anstellen können. Wir experimentiren stets unter unbestimmten Bedingungen, in einer Atmosphäre, aus der von allen Seiten zufließt, was wir uns auszuschließen bemühen. Wasserstoffgas, Lebensluft, Stickgas werden dagegen (zum Glück für die analytische Scheidekunst) durch Glas gesperrt; ja aus den bisherigen Erfahrungen dürfen wir sogar als gewiß annehmen, daß die isolirten Rufen der Gasarten, Hydrogen, Oxygen und Azote für sich mit dem das Glas durchdringenden Licht- und Wärmestoff nicht mit fortgerissen werden. Die Experimente, welche ich im siebenten Abschnitt (Fig. 62.)

ent

entwickelt, lehren, daß das galvanische Fluidum keine Aehnlichkeit mit den Gasarten, sondern vielmehr mit den durchdringenderen, unsperrbaren, feineren \*) Stoffen zeigt. Trennt man die reizenden und sensiblen Atmosphären zer schnittener Nerven durch eine dünne Metallplatte, (Zinnfolie) so strömt das galvanische Fluidum in den Muskel ungehindert über. Stehen die Nervenenden durch untergelegte Glasstäbe frei, in der Luft schwebend, einander gegenüber, so stört jede Glastafel die Communication.

Diese Thatfachen setzen es außer Zweifel, daß man das Unterbinden eines Nerven sich keineswegs wie das Unterbinden eines Gefäßes denken darf. Wenn eine tropfbare, oder gasförmige Flüssigkeit in dem sensiblen Systeme circulirte, so müßte sie in der That sehr grober Art seyn, wenn sie durch ein Band, welches ohnedies nur auf der Oberfläche wirkt, in ihrem Laufe gehemmt werden könnte.\*\*) Denken

\*) Ich nenne, wie andere Physiker, die Elektricität einen feineren Stoff, als Luft. Dieser bildliche Ausdruck ist unschädlich, aber uneigentlich. Merkwürdig in Hinsicht auf den Sprachgebrauch ist er deshalb, weil er abermals von dem Bestreben des sinnlichen Menschen zeugt, chemische Begriffe auf atomistisch-mechanische zu reduciren, und alles durch die Zwischenräume (*vacuum diffeminatum*) und *corpuscula* zu erklären.

\*\*) Ich erinnere hiebei an den merkwürdigen Fall eines epileptischen 12 jährigen Knaben, welchen Herr D. Pfündel mit Kupfersalmiak heilte. Hier sind die Worte dieses aufmerksamen Beobachters: „Der Kranke spürte, „daß (vor jedem Anfalle) in der Mitte des rechten „Fusses, da wo die Wade aufhört, eine warme laue „Empfindung in die Höhe steige, die im Schenkel einen

wir uns aber das galvanische Fluidum als gewissen Leitern folgend, so bleibt der Effect des Unterbindens eben so räthselhaft, da das Band die Leitung keineswegs unterbricht; ja selbst seiner Natur nach (als feuchtes Haar oder Seide) nicht isolirend ist. Ich gestehe, daß ich in der Erklärung physiologischer Erscheinungen kaum eine grössere Schwierigkeit kenne, als diese Aufgabe. Ein untergebundener Nerve kann (man vergleiche die Versuche im siebenten Abschnitte) selbst oberhalb des Bandes wirksam gereizt werden, wenn die Armatür dem Bande nahe liegt, und der Theil des Nerven zwischen dem Bande und dem Muskel, nicht

„kurzen Stillstand zu machen schiene, dann plötzlich  
 „in den Unterleib führe; wo ihn eine starke Aengstlich-  
 „keit befälle; nun bekomme er Herzklopfen, und als-  
 „bald steige es ihm wie heisses Wasser in den Kopf, und  
 „er verliere die Besinnung. Die *aura epileptica* wäre  
 „vor jedem Paroxysmo merklich geworden. Ich ver-  
 „ordnete, daß der Knabe ein breites Band über  
 „dem rechten Knie mit einer Schlinge anlegen sollte,  
 „und sobald er merke, daß die *aura epileptica* im Ent-  
 „stehen wäre, sollte er das Band, so fest als möglich,  
 „aufammenziehen, um den Fortgang derselben dadurch  
 „zu hemmen. Dies that auch allezeit vortreffliche  
 „Dienste. Denn, wenn er aufmerksam war, so  
 „konnte er den Anfall immer dadurch ver-  
 „hindern; wenn aber die Empfindung einmal bis in  
 „den Schenkel gedrungen war, dann war der Anfall  
 „nicht mehr aufzuhalten. Durch das Unterdrücken  
 „des Paroxysmus war aber der Kranke den ganzen Tag  
 „müder, als ihn der wirkliche Anfall selbst machte,  
 „und anstatt daß derselbe sonst 8 bis 14 Tage ausblieb,  
 „so kehrte jetzt die *aura epileptica* viel  
 „häufiger, manchmal alle 2 Tage, ja einmal in ei-  
 „nem Tage zweimal, zurück.“ Hufeland's Journal  
 der Heilkunde, B. 2. S. 280.

mit leitenden Substanzen umwickelt ist. Erst, wenn diese Einhüllung erfolgt, hemmt die Unterbindung den Reiz ober- und unterhalb dem Bande, und dann zwar so plötzlich, daß diese Hemmung gar nicht durch Ableitung (Mangel an Isolation) erklärt werden kann. Ich erlaube mir bis jetzt keine Vermuthung über dieses Problem.

Was in dem Nerven angehäuft ist, und durch seinen Uebergang in die Muskelfaser eine chemische Mischungsveränderung und Annäherung der Theile veranlaßt, braucht (wie ich oben gezeigt) keineswegs weder in dem Nerven, noch in dem Hirnmarke, dessen verlängerte Zweige jene sind, allein excernirt zu werden. Es scheint mir vielmehr sehr wahrscheinlich, daß die Flüssigkeit G in allen thierischen Theilen, (deren Mischung wenigstens in qualitativen Verhältnissen sich so ähnlich ist), zugegen sey; es scheint mir wahrscheinlich, daß es (wie die elektrische Materie, Blut und Milch) aus Elementen zusammengesetzt sey, welche einzeln eine wichtige Rolle in der unorganischen Natur spielen. Auch lehren die Erfahrungen Fig. 37. 62. 63. 65., daß alle thierische Substanzen, Nerven sowohl als Muskelfleisch, unter gewissen Bedingungen aus der Entfernung \*) wirken können. Diese Wirkung ist nun auf eine zweifache Weise denkbar, entweder so, daß feine Stoffe jenen Wirkungskreis, deren GröÙe ich auf  $\frac{1}{4}$  bis 1 Linie Durchmesser bestimmt habe, ausfüllen, oder so, daß

\*) *Reil Exercitationum Anatomicarum fascicul. I. p. 28.*

die Elemente der thierischen Materie ihre Wirkung in die Ferne (*actio in distans*) in diesem Raume äußern.\*) Die Analogie anderer Erscheinungen der Körperwelt sprechen für den ersteren Fall. Wir sehen nicht bloß die ungeheuern Massen von Materie, die in sogenannte Weltkörper geballt sind, in eigene und verschiedenartige Dunstkreise eingehüllt, sondern auch alle irdische Stoffe stören die Lichtstrahlen, welche in ihre Nähe kommen, in ihrem gradlinigen Wege, und diese Beugung (*Diffraction luminis*) scheint, nach Mairan's und Du Toures Untersuchungen auf Atmosphären hinzudeuten, welche jeden Körper umgeben. Die Dunstbläschen der Wolken, über welche wir den Herren Kratzenstein und Sauffure so scharfsinnige Beobachtungen verdanken, rollen auf der Oberfläche tropfbarer Flüssigkeiten hin, ohne sie zu berühren. Der unbekannte Stoff, (Elektricität, oder brennbares Gas?) der sie ausfüllt, macht wahrscheinlich auch ihre Atmosphäre aus. Jeder irdische Körper bildet durch seine anziehende Kraft\*\*) eine

\*) Eigentlich involviren beide Fälle eine Wirkung *in distans*, die nicht bloß dynamisch construierbar, sondern nothwendig anzunehmen ist. „Ein jedes Ding im Raume „wirkt auf ein anderes, nur an einem Orte, wo das „Wirkende nicht ist. Denn sollte es an demselben „Orte, wo es selbst ist, wirken; so würde das Ding, „worauf es wirkt, gar nicht außer ihm seyn; denn dieses „Außerhalb bedeutet die Gegenwart in einem „Orte, darinn das andere nicht ist.“ Kant's Metaph. Anfangsgr. der Naturw. S. 62.

\*\*) Langsdorf Abhandl. über die Wärmelehre, 1796. S. 72.

eigne Schicht verdichteter Luft um sich her. Das elektrische Abstoßen entsteht ebenfalls durch Anhäufung der Elektricität um die geladenen Körper, und wie jeder materielle Theil in eine eigene Atmosphäre von Wärmestoff eingehüllt ist, hat Herr Mayer in seiner Abhandlung über die Repulsivkraft \*) gezeigt. Ich kann nicht umhin, diesen Abschnitt mit einigen Ideen zu schließen, welche jener große Mathematiker in einem Briefe an mich gleichsam flüchtig hinwarf. „Wie, wenn jeder Körper in der Natur mit einer eignen Atmosphäre umgeben wäre, wenn Muskel, Nerven und Metalle besondere Atmosphären von feinen, und vielleicht unbekannten Stoffen um sich hätten? Was muß geschehen, wenn diese sich begegnen, und sich gegenseitig zersetzen? Ohne Zweifel, was unserm Körper begegnen würde, wenn er in die Atmosphäre eines andern Körpers käme, und beide Atmosphären sich gegen einander zersetzten, — heftige Explosionen und Erschütterungen in ihm. Gleichartige Atmosphären erhalten vielleicht gegenseitige Ruhe. Ich wage die Anwendung nicht auf erregbare thierische Organe, wenn sie sich diesem, oder jenem Körper nahen. Atmosphären von Wärmestoff haben alle Stoffe ohnehin. Dafs die Metalle von feinen Substanzen umgeben sind, zeigt ihr specifischer Geruch. Viele große Naturwirkungen mögen von diesen feinen Materien, welche um alle Körper angehäuft sind, für welche

\*) Gren's Journal der Physik, B. 7. S. 211.

„unfere Sinnenwerkzeuge aber zu schwach scheinen,  
„abhängen. Die Thiere haben hierin vieles vor  
„dem Menschen voraus. Lichtenberg sagt sehr  
„sinnreich, daß sich eine Hundsnafe für Oxygen  
„und Hydrogen wie für Trüffeln müßte abrichten  
„lassen.“

*Ende des ersten Bandes.*

## N a c h t r ä g e.

**Z**um dritten Abschnitte: Der merkwürdige Versuch, Contractionen zu erregen, ohne alle kettenförmige Verbindung der Excitatoren (Fig. 9.) ist in den letzten Tagen des Merzes 1797. meinem Freunde, dem älteren Herrn Keutsch (aus St. Thomas in Westindien) geglückt. Dieser treffliche junge Mann, welcher die feinsten anatomischen und physiologischen Kenntnisse mit einander verbindet, und dessen Beobachtungen ich in der Folge noch öfter anführen werde, hatte einen sehr lang präparirten Ischiadnerven mit Zink armirt. Kaum berührte er den Zink allein mit einer Silbermünze, so entstanden, ohne irgend eine mögliche Nebenleitung nach dem Muskel, in diesem die heftigsten und anhaltendsten Zuckungen. Die Entfernung vom Nerven, in der die Berührung der beiden Metalle geschah, wurde wieder dabei als gleichgültig befunden. —

Als die vorstehenden zehn Abschnitte dieses Werks bereits abgedruckt waren, kam mir erst der an mich gerichtete physiologische Brief des Herrn D. Philipp Michaelis, welcher in Gren's



Neuem Journ. der Phys. B. 4. H. 1. S. 9. abgedruckt ist, zu Gesichte. Was konnte interessanter für mich seyn, als meine Versuche durch solch einen Experimentator geprüft, bestätigt, berichtigt und erweitert zu sehen. Herr Michaelis besorgt, daß bei dem Versuche ohne Kette (Fig. 9.) die Täuschung statt finden könne, daß nicht ein Nervenast, sondern mehrere zugleich, armirt gewesen wären, und daß die Armatur *M* demnach eine Kette zwischen jenen Aesten gebildet habe. Ich erinnere daher ausdrücklich, daß ich nur einen unzerfleischten Nerven, von vollkommen gebändertem Ansehen, herauspräparirt hatte, und daß das Muskelfleisch sammt den andern Nervenfasern weit von der Armatur entfernt lagen. Wollte man aber auch jenen einen Nerven als zwei, und *M* als den Leiter zwischen beiden betrachten, so ist nicht abzusehen, warum *N* (welches dann nur erschütternd wirkte) nicht gleich wirksam war, es mochte ein Metall, oder Siegelack seyn. Der mühsame Versuch Fig. 12. a endlich, wo die Berührung von *N* und *P* wohl wohl keine Erschütterung in *M* hervorbringen konnte, widerlegt jene Voraussetzung noch mehr. — Dies zur Erläuterung einer wichtigen Thatfache, und nicht gegen die Aeußerungen meines Freundes, der sich selbst so bescheiden über das Gelingen und Nicht-Gelingen von Versuchen äußert.

Zum siebenten Abschnitte: Herr Michaelis hat den Versuch, nach welchem das galvanische Fluidum nur wenn es von menschlichen Organen, nicht wenn es von Froschorganen ausgeht, die

Zum-

Zungennerven reizt, ansehnlich erweitert. Gren's Neues Journ. B. 4. S. 13. — Er glaubt, daß bei Zerschneidung der Nerven und dem Reizen durch sensible Wirkungskreise die Täuschung obwalte, daß die Feuchtigkeit des Glases eine Leitung zwischen den zerschnittenen Nervenstücken mache, a. a. O. S. 25. Ich gestehe, daß ich ebenfalls alles dieser Täuschung zuschreiben würde, wenn mich nicht die Versuche, welche ich oben S. 82 — 86. und am Ende des siebenten Abschnitts (Fig. 37. und 65.) erzählt habe, vollkommen überzeugten, daß die thierische Materie eine Kraft hat, aus der Entfernung zu wirken. Wie konnte in diesen Fällen eine feuchte Zuleitung statt finden, da ich 1 bis  $\frac{1}{4}$  Linien weit von dem Muskel entfernt blieb, und mit meinen Augen die freie Luftschicht erkannte, welche den Muskel von der Pincette trennte? Daß ich nicht zufälliges Zittern in den Organen mit kräftigen Contractionen verwechselte, davor schützte mich die lange Dauer des Versuchs. Die Zuckungen erfolgten jedesmal, und nur dann, wenn ich den bewickelten Arm der Pincette den Organen näherte. Wie war hier Täuschung möglich?

Ueber den Fall, wo ein erregbarer Nerve mittelbar, d. h. dadurch armirt ist, daß er auf einem anderen armirten, erregbaren Nerven aufliegt, hat Herr Michaelis eben so neue als sinnreiche Versuche angestellt. S. dessen Brief an mich S. 10.

Zum achten Abschnitte: Die Abhandlung des Herrn Wells ist seitdem in den philosophischen Transactionen wirklich erschienen, und auch bereits

im 4ten Heft von Gren's Neuem Journal für 1797. abgedruckt worden. Ich sehe mit besonderem Wohlgefallen daraus, daß es Herrn Wells, wie mir, geglückt ist, einem Metalle die Kraft des andern durch bloße Berührung mitzuthellen. Diese Kraft erhielt sich bisweilen einen ganzen Tag hindurch. So bestätigen sich Entdeckungen, denen man anfangs (weil sie so selten gelingen, und weil sie mit andern Naturerscheinungen so gar nicht übereinstimmen,) fast allen Glauben zu versagen geneigt ist. — Auch den Einfluß der Feuchtigkeit auf die Excitationskraft der Metalle hat Herr Wells fast zu derselben Zeit in England bemerkt, als ich ihn in Deutschland bekannt machte. Auf die Größe der benetzten Fläche kommt es indess dabei gar nicht an, wie der englische Physiker glaubt. Eine feine Belegung mit Hauch wirkt wie die eines dicken Wassertropfens. Auch ist Herrn Wells die für die Gesetze des Galvanismus so wichtige Bemerkung entgangen, daß bei minder reizbaren Individuen nur in der Kette Nerv. P. p. H. P. nicht aber in der Nerv. P. H. p. H. P. eine Contraction erfolgt. Die erste Entdeckung von der Excitationsfähigkeit der Kohle, welche sich Herr Wells selbst zuschreibt, ist übrigens von Herrn Volta.

Zum neunten Abschnitte: Ueber den Versuch mit Belegung der Zungennerven, vergleiche Michaelis Brief an mich a. a. O. S. 16. Die Erfahrung, daß der Hunter'sche Blitzversuch sehr viel besser gelingt, wenn die Atmosphäre mit Electricität überladen ist, (z. B. bei nahem Gewitter)

wird durch analoge Thatfachen bestätigt, a. a. O. S. 19. Ich vermuthe, daß auch gerade schon deshalb im Merz, April und Mai alle galvanische Erscheinungen sichtbarer und auffallender sind, weil nach Herrn Heller's neuen Beobachtungen (a. a. O. 75.) die Elektrizität des Dunstkreises bei uns in diesen Monaten so unendlich stärker, als im Sommer ist.

Den Versuch, den ich bei Fliegenpflastern auf meinem Rücken anstellte, hat Herr Michaelis glücklich wiederholt. Die Umwandlung der Säfte erfolgte ebenfalls, die lymphatisch-seröse Feuchtigkeit wurde roth gefärbt, aber nur in der Nähe der Wunde gelang es meinem Freunde, mit jener Feuchtigkeit bleibende Züge zu mahlen, a. a. O. S. 21. Die schmerzhaft eiternde Geschwulst, welche bei dem Experimente erfolgte, muß aber bei künftiger Wiederholung desselben vorsichtig machen.

Zum zehnten Abschnitte: Eine weitere Ausführung der Volta'schen Theorie, besonders über Richtung des galvanischen Stromes unter 8 und 9 Gliedern der ersten und zweiten Classe, s. in Gren's Neuem Journ. B. 4. H. 1. S. 107. Die dort Tab. II. als negativ geschilderten Fälle Fig. 3 — 7. und 10. sind es gerade, welche ich und jetzt viele meiner Freunde, mit denen ich experimentire, bei sehr lebhaften Individuen als positiv, d. h. als Reiz-involvirend befunden haben. Herr Volta sagt zwar apodiktisch: (S. 109.) „es ist schlechterdings nöthig, „daß zwei verschiedene Metalle, oder Leiter der „ersten Classe, unmittelbar mit einander in Berührung „sind, während sie mit ihren gegenüber stehenden

„Enden Leiter der zweiten Classe berühren.“ Aber nach Versuchen, die ich noch vor wenigen Stunden mit aus dem Winterschlaf erweckten Fröschen wiederholt, muß ich dem großen Physiker aufs neue hierin widersprechen. Wenn ich einen Cruralnerven *a* mit Zink armire, und diese Armatur nicht unmittelbar mit Silber berühre, sondern, wenn zwischen dem Zinke und Silber ein zweiter eben so frischer Cruralnerv *b* lag: so sah ich in der Kette:

Nerv *a* — Zink — Nerv *b* — Silber.

den mit *a* organisch verbundenen Muskel convulsivisch erschüttert werden. Hier scheinen mir doch beide Metalle zu beiden Seiten von gleichen Kräften balancirt zu seyn! Eben so war es, wenn ich statt *b* ein Stück Muskelfleisch nahm, welches von dem Schenkel *a* selbst abgeschnitten war, und wenn das Silber nun nicht den Nerven *a*, sondern den Schenkel berührte. Herrn Volta's Fig. 10. drückt endlich die Abänderung meines Hauchversuchs aus, wo das einzige heterogene Metall auf beiden Flächen mit feuchten Stoffen in Berührung ist, die Kette Nerv *P. H. p. H. P.* welche nach der Voltaischen Theorie negativ seyn soll. Ich versichere aber aufs feierlichste, dafs, wenn *H* und *H* auch ganz gleichartig, z. B. Stücke einer Froschleber waren, die Erschütterung erfolgte, so lange die Organe noch ihre höchste (nicht künstlich erregte) Reizbarkeit hatten. Von den Versuchen mit blofs organisch verbundenen Theilen, ohne Metall und Kohle, von den Erscheinungen beim Zurückbeugen des Schenkels gegen den Ischiadnerv sagt Herr Volta

S. 126. „dafs sie mit Unrecht so viel Aufsehen machten. Sie beruhen ebenfalls auf der Wirkung dreier „verschiedener Stoffe. Das Blut, der tendinöse „Theil des m. gastrocnemius, und die Nerven spielten „die Hauptrolle dabei.“ Ich habe aber diesen Versuch glücken sehen, wenn kein Blut am Ischiadnerven sichtbar war, und nicht der m. gastrocnemius, sondern die fleischige, untendinöse Lende den Contact machte. Hier schienen mir eben so gewifs nur zwei Kettenglieder vorhanden, als bei den Versuchen mit der spiegelhellen Fläche des trocknen Quecksilbers. Man ist hier mit dem Streite über Heterogenität zu einer Grenze der Feinheit gelangt, in der aller gründliche Streit aufhört. Im Muskelfleische sind Muskelfasern, Gefäfse und Zellstoff, im Nerven ist die Marksubstanz, von dem zusammengesetzten von Herrn Reil so musterkräft beschriebenen Neurilema zu unterscheiden. In der organischen Natur ist bis zum kleinsten Atom alles ungleichartig. Der Phantasie bleibt also hier ein weiter Spielraum geöffnet, und ich würde es nie unternehmen, gegen die Möglichkeit, dafs fast alle galvanische Erscheinungen auf eine Kette von mehr als drei Stoffen reducirt werden können, zu streiten. Blofse Möglichkeiten entscheiden hier aber nicht, und seitdem mir der Versuch, ohne alle kettenförmige Verbindung der Excitatoren (Fig. 9. meiner Tafeln) geglückt ist, ein Versuch, der jenem vortrefflichen Physiker noch unbekannt zu seyn scheint, seit dieser Epoche hat die Vermuthung dafs der Grund der grossen Erscheinung nicht in der

kettenförmigen Verbindung der Glieder allein liegen, an Wahrscheinlichkeit unendlich gewonnen. Ich bestreite Herrn Volta's Theorie, weil ich es für überaus wichtig halte, eine Untersuchung nicht eher für beendet, ein Problem nicht eher für gelöst zu halten, als bis die Uebereinstimmung aller Thatfachen erwiesen ist. Welche Theorie aber auch die Oberhand gewinnen mag, so wird Herrn Volta immer das grofse Verdienst bleiben, die Lehre vom Galvanismus mit den wichtigsten Entdeckungen bereichert, und diesen Gegenstand mit einem Scharfsinne angegriffen zu haben, welcher ihm die allgemeine Bewunderung seiner Zeitgenossen erregen mufs. Seine Briefe an Herrn Vaffali haben uns auf eine neue elektrische Thatfache, auf das Strömen der Elektricität aus schwach geladenen Körpern aufmerksam gemacht. Diefs Strömen hat er sogar jetzt an Nicholson's Duplicator (a. a. O. S. 128.) erwiesen. Bei der unmittelbaren Berührung von Zink und Silber entsteht eine Anhäufung der *E.* im Zinne auf Kosten des Silbers, eine Anhäufung, die der Duplicator angiebt, die aber „freilich sehr gering, und „weit unter dem Punkte ist, der nöthig wäre, sich an „dem zartesten Elektrometer durch Zeichen zu erkennen zu geben.“ — Diefes Minimum von Elektricität soll nun, als äufserer Reiz, auf die Organe wirken, während die künstlich durch Reiben erregte Elektricität, wenn sie so stark ist, dafs sie das gemeinste Elektrometer divergiren macht, in den Nerven geleitet, keine Spur von Muskularerschütterung hervorbringt. So interessant demnach auch der

Beweis von dem Daseyn jenes Minimums von Elektricität in den sich berührenden Metallen ist, so wenig darf man wohl (falls auch nicht andere Gründe dagegen stritten) nach logischen Regeln die galvanischen Erscheinungen jener kleinen Ursache zuschreiben. Dieser Schluss gewinnt noch dadurch an Stärke, daß wenn die ungleichartigen Metalle sich nicht unmittelbar berührten, sondern durch feuchte Stoffe in Verbindung waren, oder wenn gar nur bloße Leiter der zweiten Classe (thierische Theile) die Kette bildeten, der Duplicator (a. a. O. S. 134.) gar keine Elektricität angab. War demnach dieselbe dennoch vorhanden, so muß sie so schwach seyn, daß selbst der Duplicator sie nicht anzeigt, und dies 0,0000...01. von Elektricität soll die kräftigen Convulsionen hervorbringen, welche z. B. entstehen, wenn ein Froschnerv und sein Muskel durch ein abgeschnittenes Stück Nerv verbunden werden? —

Man hat gegen meinen Versuch über die Wirkung der *E.* auferhalb der Verbindungskette die Einwendung gemacht, ob nicht die Kette Ausströmungen und Strahlenbüschel veranlasse, welche den Froschnerven afficiren? Ich habe deshalb das Experiment sogleich dergestalt wiederholt, daß der Nerv nicht in der Nähe einer Kette, sondern eines runden glatten Stabes lag, durch welchen  $\pm E$  durchfuhr. Die Reizung des Froschschenkels blieb dieselbe, und es ist demnach gewiß, daß die Entladung der Kleist'schen Flasche eine Explosion veranlaßt, welche auch auferhalb der Verbindungskette Veränderungen hervorbringt.





**Folgende Bücher sind bei Heinrich August Rottmann zu haben.**

- Anmerkungen** (antiphlog.) der Herren Morveau, Lavoisier etc. zu Kirvaus Abhandlung über das Phlogiston, 8. 18 gr.
- Anleitung**, kurze, für die Wundärzte auf dem platten Lande, wie solche bei der Cur der innerlichen Krankheiten unter den Menschen verfahren sollen, 8. 3 gr.
- Annulus Platonis**, oder phys. chim. Erklärung der Natur, nach ihrer Entziehung, Erhaltung und Zerstörung, von einer Gesellschaft ächter Naturforscher aufs neue völlig umgearbeitet, und mit wichtigen Anmerkungen herausgegeben, gr. 8. mit Kupf. 1 thlr. 8 gr.
- Buchholz** (Samuel) Versuch einer Geschichte der Churmark Brandenburg, von der ersten Erscheinung der deutschen Scedenonen, bis auf jetzige Zeiten, 6 Bände, gr. 4. 15 thlr.
- Der 5te und 6te Band** ist auch ohne die Urkunden unter den Titel gedruckt: Neueste Preussische Brandenburgische Geschichte, gr. 4. 1r und 2r Theil, 5 thlr. 4 gr.
- Entwurf eines allgemeinen Gesetzbuchs** für die Königl. Preuss. Staaten. gr. 8. 6 Abtheilungen complet, 6 thlr. 2 gr.
- Fischer** (F. C. J.) über die Probenächte der deutschen Bauermädchen, 8. 8 gr.
- Franklins** (Benj.) Jugendjahre, von ihm selbst für seinen Sohn beschrieben, und überlezt von Bürger, 8. 15 gr.
- Geschichte Aramena**, eine Syrische Geschichte ganz für unsere Zeiten umgearbeitet, von S. A. 3 Theile, 2 thlr. 12 gr.
- einiger Esel, oder Fortsetzung des Lebens und Meinungen John Bunkels, 3 Bände, 8. 2 thlr.
- Hertzberg** Hr. Graf v.) sämtliche Abhandlungen, welche in der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin im Jahre 1780. bis 1791. vorgelesen, mit den sehr ähnlichen Portrait des Verfassers, von D. Berger, gr. 8. 2 thlr. 6 gr.
- Humboldt**, flora fribergensis prodromus, exhibens plantas quassdam cryptogamicas, praesertim subterraneas, cum icon. acii, inc. 4. maj. 1 thl. 16 gr.
- Jugels** (J. G.) Physica subterranea, oder Bewegungskraft der elementischen Wirkungen, die auf uns in unserm mineralischen Erdboden verrichtet werden, nach einer 46 jährigen Naturforschung zusammen getragen, gr. 8. 1 thlr. 8 gr.
- Krausens** (G. L.) Kunst und Lustgärtners, wie auch Mitgliedes der Gesellschaft der schönen Wissenschaften zu Budissin, 50 jähriger erfahrungsmässiger Unterricht von der Gärtnerey, gr. 8. 2 thlr.
- Mensch**, der, übersetzt aus dem A. der N. gr. 8. 1 thl.
- Plutachs** Biographien mit Anmerk. des Herrn G. B. von Schirach, compl. 8 Theile, Schreibpapier 12 thlr.
- De Quincy**, Auszug der Kriegsgeschichte Ludwig XIV. mit 14 Tabellen erläutert, und mit nöthigen Kupfern versehen, auf Befehl des Königs durch G. A. v. Clair überf. 2 Theile, gr. 4. 4 thlr.
- Beden** im Menschenton vom Verfasser der Menschenfreuden, 3 Theile, 1 thlr. 12 gr.
- Schilderungen** vortreflicher Menschen, 8. 16 gr.
- Tempel der Gerechtigkeit**, eine moral. Gesch. 8. 2 Th. 1 thlr.

Fig 1.

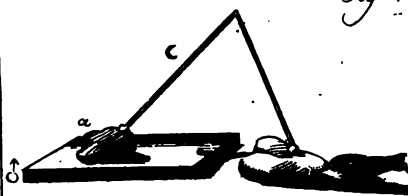


Fig 3



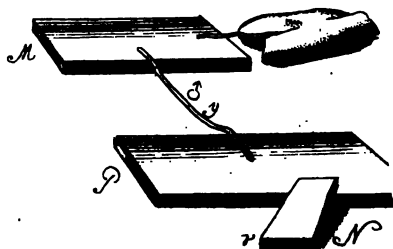
Fig 6

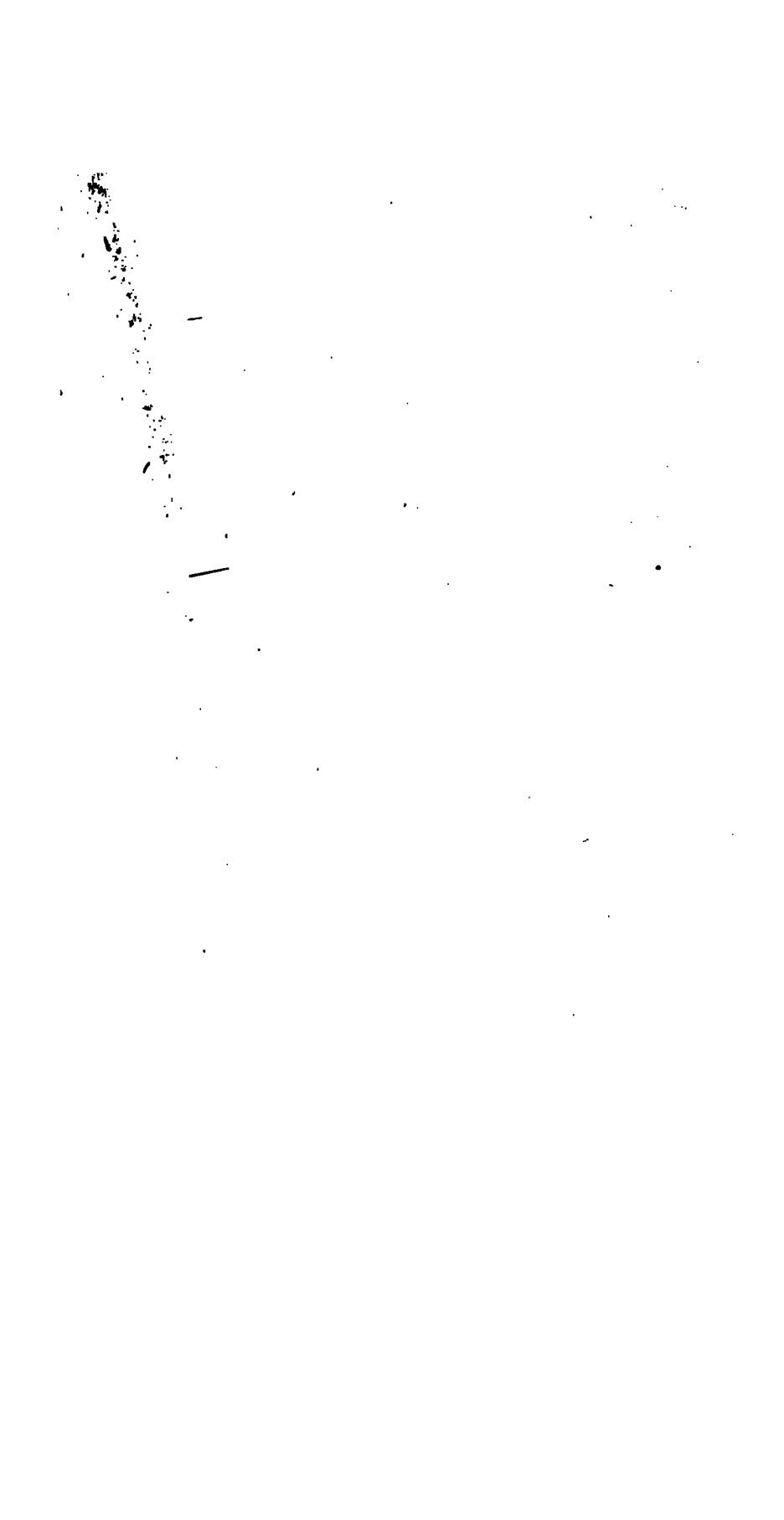


Fig. 9



Fig







۱۰۸



